

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Biomonitoreo de elementos traza en área urbana e industrial de  
Lurigancho - Chosica, utilizando las especies *Tillandsia latifolia* y *T.  
purpurea* como biomonitores**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Hérica Yauri Molina  
Xiomara Rosa Vilca Monrroy

**Asesor:**

Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz

Lima, mayo de 2021

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“BIOMONITOREO DE ELEMENTOS TRAZA EN ÁREA URBANA E INDUSTRIAL DE LURIGANCHO - CHOSICA, UTILIZANDO LAS ESPECIES TILLANDSIA LATIFOLIA Y T. PURPUREA COMO BIOMONITORES”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Hérica Yauri Molina y Xiomara Rosa Vilca Monrroy para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 24 días del mes de mayo del año 2021



Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz

---

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, ...a los 06 días día(s) del mes de..mayo .del año 2021.... siendo las.....10:00..... horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: .....Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga,..... el secretario: .....Mg. Joel Hugo Fernández Rojas.... y los demás miembros: Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodriguez y el Mg. Jackson Edgardo Pérez Capiro; y el asesor...Dr. Alex Rubén Huamán De la Cruz..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Biomonitoreo de elementos traza en área urbana e industrial de Lurigancho-Chosica, utilizando las especies *Tillandsia latifolia* y *T. purpurea* como biomonitores".

.....de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **HÉRICA YAURI MOLINA**.....

.....b) **XIOMARA ROSA VILCA MONRROY** .....

conducente a la obtención del título profesional de..... **INGENIERO AMBIENTAL**.....

(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **HÉRICA YAURI MOLINA** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>18</b>	<b>A-</b>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Sobresaliente</b>

Candidato (b): **XIOMARA ROSA VILCA MONRROY** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>18</b>	<b>A-</b>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Sobresaliente</b>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Mg. Milda Amparo  
Cruz Huaranga

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Mg. Joel Hugo  
Fernández Rojas

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Dr. Alex Rubén  
Huamán De la Cruz

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Mg. Iliana Del  
Carmen Gutierrez  
Rodriguez

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Mg. Jackson  
Edgardo Pérez  
Carpio

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)  
Herica Yauri Molina

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)  
Xiomara Rosa Vilca  
Monroy

## Dedicatoria

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Dios por habernos permitido llegar hasta este momento y brindarnos la fuerza espiritual para poder afrontar el reto de elaborar un proyecto de grado, que nos permitió conocer una pequeña parte de la creación de Dios.

HÉRICA: Quiero dar gracias a Dios. Por guiar mis pasos, estar cada instante de mi vida. Así mismo dedico éste logro en memoria de mi ángel quién en vida fue mi hermana Etzabeth quien fue mí pilar y me enseñó tanto de la vida. Gracias a sus sabios consejos y ser mi fuente de inspiración para lograr mis ideales. Todo esto no hubiera sido posible sin ella a mi lado.

XIOMARA: Dedico mi tesis a mi hija Carmedy por ser mi motivación para concluir con éxito este trabajo. A mis padres quienes motivaron desde el inicio para que cumpla con mis ideales.



## Agradecimiento

Agradecemos a Dios por brindarnos la vida, la salud, economía, sabiduría, paciencia y la fortaleza espiritual de poder culminar con gran esfuerzo este trabajo.

Hérica: Agradezco a mi madre y hermanos por estar siempre motivándome y enseñándome con humildad y fortaleza y una sincera gratitud a mi hermana Yaneth por su apoyo incondicional. Hoy puedo decir no fue fácil, pero con fe y esfuerzo todo es posible.

Xiomara: Un sincero agradecimiento a mis padres y hermanos, por creer en mí y brindarme su comprensión, cariño y amor.

A la UPeU por brindarnos las instalaciones y equipos necesarios para realizar los análisis elementales para el presente estudio asistiendo a la presente investigación y el apoyo económico. Asimismo, agradecemos a nuestro asesor de tesis PhD Alex Rubén Huamán De La Cruz por habernos brindado su apoyo, asesoramiento, enseñanzas y disponibilidad de tiempo para las observaciones. De igual forma al Mg. Joel Hugo Fernández Rojas, por sus enseñanzas por sus sabios consejos y disponibilidad de tiempo. A los docentes de la UPeU por las enseñanzas brindadas en el proceso de aprendizaje durante la carrera. A la Universidad Peruana Unión por ser mi segundo hogar.

Del mismo modo queremos expresar nuestros agradecimientos hacia todas aquellas personas que hayamos olvidado mencionar y que sin duda han colaborado de alguna manera u otra en la realización de esta tesis.

## INDICE GENERAL

<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS .....</b>	<b>xvi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxi</b>
<b>1        CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1        Identificación y formulación del problema .....	1
1.2        Justificación.....	5
1.3        Presuposición filosófica .....	7
1.4        Objetivo general .....	8
1.4.1        Objetivos específicos .....	8
<b>2        CAPÍTULO II .....</b>	<b>9</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>9</b>
2.1        Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1        Internacional.....	9
2.1.2        Nacional.....	14
2.1.3        Local.....	15
2.2        Marco legal.....	16
2.2.1        Constitución Política del Perú.....	16
2.2.2        Política Nacional del Ambiente .....	16
2.2.3        Ley Marco sobre el Cambio Climático .....	17
2.2.4        Ley Forestal y de Fauna Silvestre .....	17
2.2.5        Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos .....	17
2.3        Marco Teórico .....	18

2.3.1	Contaminación atmosférica.....	18
2.3.2	Tipo de contaminación y sus fuentes .....	19
2.3.3	Monitoreo biológico.....	23
2.3.4	Elementos traza .....	25
2.3.5	Técnica de espectrometría de masa con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS).....	32
2.3.6	Género tillandsia .....	33
2.3.7	Parámetros meteorológicos relacionados con la concentración.....	50
2.4	Marco conceptual .....	51
3	CAPITULO III .....	53
	MATERIALES Y MÉTODOS .....	53
3.1	Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	53
3.1.1	Geografía y clima de Lurigancho.....	53
3.1.2	Vegetación .....	54
3.1.3	Zona urbana.....	55
3.1.4	Zona industrial .....	57
3.2	Tipo de investigación .....	59
3.3	Diseño de la investigación.....	59
3.3.1	Identificación de variables .....	60
3.4	Materiales y equipos.....	61
3.4.1	Materiales.....	61
3.5	Procedimientos .....	62
3.5.1	Descripción del flujograma.....	62
3.5.2	Flujograma .....	69
3.5.3	Determinación de elementos principales y traza.....	70

3.5.4	Razones de exposición a la línea de base (razones EB).....	70
3.6	Análisis de datos estadísticos .....	71
3.6.1	Análisis de varianza ANOVA.....	71
3.6.2	Análisis de componentes principales (ACP).....	71
4	CAPITULO IV .....	73
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
4.1	Rosa de viento .....	73
4.2	Resultados del estudio.....	76
4.3	Concentración de la muestra control .....	76
4.4	Concentración valores máx. min y medios $\pm$ desviación <i>estándar</i> .....	76
4.5	Razones de línea Base (EB) .....	79
4.6	Análisis de componentes principales (ACP) en Zona urbana .....	81
4.7	Análisis de componentes principales (ACP) en Zona industrial.....	83
4.8	Comparación de la concentración de muestras control y biomonitores por metales traza.....	85
5	CAPITULO V .....	121
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
5.1	Conclusiones .....	121
5.2	Recomendaciones.....	123
	Bibliografía.....	124
	Anexos.....	139

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparación de técnicas analíticas .....	33
<b>Tabla 2.</b> Características morfológicas de <i>Tillandsia latifolia</i> y <i>T. purpurea</i> .....	48
<b>Tabla 3.</b> Puntos de monitoreo zona urbana Lurigancho-Chosica. ....	56
<b>Tabla 4.</b> Puntos de monitoreo zona industrial Lurigancho-Cajamarquilla. ....	58
<b>Tabla 5.</b> Materiales para pre y post biomonitoreo en las zonas urbana e industrial. ....	61
<b>Tabla 6.</b> Materiales y equipos de laboratorio .....	62
<b>Tabla 7.</b> Concentraciones medias de oligoelementos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ DW) de la muestra control de especies de <i>Tillandsia</i> .....	76
<b>Tabla 8.</b> Comparación de los valores máx. min y medios $\pm$ desviación estándar ( $\mu\text{g g}^{-1}$ peso seco) y los resultados de ANOVA de los elementos traza medidos en <i>Tillandsias latifolia</i> y <i>purpurea</i> , colectados en las áreas de muestreo. Valores sobre cada línea horizontal, seguido por la misma letra no difieren significativamente ( $p=0.05$ ), N=número de muestras individuales colectados en cada área. * Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05. ** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.01. *** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.001. ....	77
<b>Tabla 9.</b> Concentraciones medias de oligoelementos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ DW) $\pm$ desviación estándar (S.D.) cuantificadas en ambas áreas de estudio y especies de <i>Tillandsia</i> . ....	78
<b>Tabla 10.</b> Razones de línea base (EB) calculadas para 18 elementos medidos en las muestras trasplantadas en el área urbana e industrial utilizando plantas de <i>T. latifolia</i> y <i>T. purpurea</i> expuestas durante tres meses .....	79
<b>Tabla 11.</b> Resultado del análisis de componentes principales para muestras urbanas. Los elementos con valores de correlación superiores a 0,7 (se consideran significativos) se enumeran en negrita; superior a 0,5 e inferior a 0,7 en cursiva. ....	81

**Tabla 12.** Resultado del análisis de componentes principales para muestras industriales.  
 Elementos con valores de correlación mayores de 0,7 (se consideran significativos) se enumeran en negrita; mayor que 0.5 y menor que 0,7 en cursiva.....83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra de tillandsia latifolia propia del investigador. ....	37
Figura 2. Muestras de tillandsia propia del investigador. ....	38
Figura 3. Variación de las hojas de tillandsia y delimitación de la vaina y lámina foliar (tomado y morfológica modificado de Cach-Pérez et al., (2016). ....	42
Figura 4. Tricoma foliar de bromeliáceas (observado en microscopio electrónico de barrido en el CICY por el Dr. Manuel Cach Pérez). ....	43
Figura 5. Sistema radicular que surge del tallo con presencia de raíces y acercamiento de los pelos radicales (tomado de Mendoza (2014)) ....	45
Figura 6. Eje principal de la inflorescencia (tomado de Mendoza, 2014)) ....	46
Figura 7. Mapa de zonas elegidas para el trasplante de biomonitores tillandsias del distrito Lurigancho. ....	54
Figura 8. Zona urbana (ZU) puntos de monitoreo ubicada en Chosica. ....	55
Figura 9. Zona industrial (ZI), puntos de monitoreo ubicado en Cajamarquilla. ....	57
Figura 10. Etiqueta utilizada para los biomonitores recolectados ....	66
Figura 11: Rosa de viento de la Estación Meteorológica Chosica. ....	74
Figura 12: Rosa de viento de la Estación Meteorológica Cajamarquilla. ....	75
Figura 13: Rosa de viento de la Estación Meteorológica <i>Chosica</i> . ....	75
Figura 14: Primer grupo de elementos traza (Al, As, Ba, Cd, Ca, Co, Cu, Cr y Fe).....	86
Figura 15: Segundo grupo de elementos traza (K, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, V y Zn) ....	87
Figura 16: Resultados de Concentración de Al de ambas áreas y muestra control ....	88
Figura 17: Resultados de concentración de As de ambas áreas y muestra control ....	90
Figura 18: Resultados de concentración de Ba de ambas áreas y muestra control.....	91

Figura 19: Resultados de concentración de Ca de ambas áreas y muestra control .....	93
Figura 20: Resultados de concentración de Ca de ambas áreas y muestra control .....	94
Figura 21: Resultados de concentración de Co de ambas áreas y muestra control .....	96
Figura 22: Resultados de concentración de Cr de ambas áreas y muestra control.....	97
Figura 23: Resultados de concentración de Cu de ambas áreas y muestra control .....	99
Figura 24: Resultados de concentración de Fe de ambas áreas y muestra control.....	100
Figura 25: Resultados de concentración de K de ambas áreas y muestra control.....	102
Figura 26: Resultados de concentración de Mg de ambas áreas y muestra control .....	103
Figura 27: Resultados de concentración de Mn de ambas áreas y muestra control .....	104
Figura 28: Resultados de concentración de Ni de ambas áreas y muestra control.....	105
Figura 29: Resultados de concentración de Pb de ambas áreas y muestra control.....	106
Figura 30: Resultados de concentración de Rb de ambas áreas y muestra control .....	107
Figura 31: Resultados de concentración de Sb de ambas áreas y muestra control .....	108
Figura 32: Resultados de concentración de V de ambas áreas y muestra control.....	109
Figura 33: Resultados de concentración de Zn de ambas áreas y muestra control .....	110
Figura 34: Correlación entre elementos traza ZI con el biomonitor latifolia .....	113
Figura 35: Correlación entre elementos traza ZI con el biomonitor purpurea .....	115
Figura 36: Correlación entre elementos traza ZU con el biomonitor latifolia.....	117
Figura 37: Correlación entre elementos traza ZU con el biomonitor purpurea.....	119
Figura 38. Tillandsia latifolia San Gerónimo de Surco.....	147
Figura 39. Tillandsia latifolia en copa de árbol San Gerónimo de Surco.....	147
Figura 40. Indicando la tillandsia latifolia en el tillandsial de San Gerónimo de Surco. ....	147
Figura 41. Muestra del tamaño de tillandsia latifolia. ....	147
Figura 42. Indicando Tillandsia purpurea en el tillandsial de Cañete. ....	147



Figura 43. Muestra de tillandsia purpurea. ....	147
Figura 44. Preparando para el lavado y desinfección .....	148
Figura 45: Pesado de muestra pre lavado .....	148
Figura 46. Indicando el lugar de lavado de tillandsias. ....	148
Figura 47. Lavado y desinfección de tillandsias con agua destilada. ....	148
Figura 48. Secado a temperatura ambiente de tillandsias.....	148
Figura 49. Pesado de Tillandsias pre trasplante. ....	148
Figura 50. Contabilización de Tillandsia.....	149
<i>Figura 51. Enmallado de tillandsias según su .....</i>	<i>149</i>
Figura 52. Muestra de tamaño de ambas especies.....	149
Figura 53. Ubicación de puntos para trasplante y elaboración de mapas ZU y ZI.....	149
Figura 54. Trasplante y muestra de altura de 2.5 – 3 m de biomonitores ZU. ....	150
Figura 55. Trasplante de biomonitores ZI y muestra de altura 2.5 -3m. ....	150
Figura 56. Biomonitoreo zona urbana. ....	150
Figura 57. Biomonitoreo zona industrial.....	150
Figura 58. Recolección de biomonitores zona industrial. ....	150
Figura 59. Vista panorámica Zona industrial .....	150
Figura 60. Recolección de biomonitores punto por punto ZI.....	151
Figura 61. Rotulado de biomonitor yy punto de biomonitoreo. ....	151
Figura 62. Recolección de biomonitores zona urbana.....	151
Figura 63. Recolección de biomonitor punto por punto.....	151
Figura 64. Embolsado de biomonitores.....	152
Figura 65. Embolsado y rotulado de biomonitor punto por punto. ....	152
Figura 66. Florecimiento el biomonitor durante el tiempo de exposición.....	152

Figura 67. Cambios fiscos de ambas especies de biomonitor. ....	152
Figura 68. Limpieza de biomonitores pre lavado desinfección. ....	152
Figura 69. Lavado superficial con agua destilada. ....	152
Figura 70. Desojado de biomonitores por separado, rotulado de bandeja de papel aluminio por especie zona y punto. ....	153
Figura 71. Pesado de biomonitor latiolia pre secado al horno. ....	153
Figura 72. Pesado de biomonitor purpurea. ....	153
Figura 73. Muestra para el secado 4 bandejas. ....	153
Figura 74. Secado a 60 °C por 72 horas. ....	153
Figura 75. Secado en secador de aire en 4 bandejas. ....	153
Figura 76. Secado a 60 °C por 72 horas. ....	154
Figura 77. Molienda de los biomoniores. ....	154
Figura 78. Muestra del molido de los biomonitores especie zona y punto. ....	154
Figura 79. Muestra del molido de biomonitor especie zona y punto. ....	154
Figura 80: Tamizado del molido a 5mm ....	154
Figura 81: Embazado de muestra para proceso químico. ....	154
Figura 82. Homogenizado de muestra a 20 ml. ....	155
Figura 83. Empaquetado de muestras. ....	155
Figura 84: Muestras para su respectivo proceso químico . ....	155
Figura 85: Trabajo de gabinete . ....	155

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Informe de entrega de resultados químicos recibidos (70 muestras).....	139
Anexo 2: Informe técnico No. 1/Setiembre 2019.....	140
Anexo 3: Certificado de calibración de los equipos de laboratorio.....	141
Anexo 4. Matriz de consistencia.....	146
Anexo 5. Imagenes de toda la ejecucion de la tesis.....	147
Anexo 6: Formato 01: Datos de colecta en Zonas testigo .....	156
Anexo 7: Formato 02: Control de biomonitoreo en zona urbana e industrial de Lurigancho .	157
Anexo 8: Formato 03: Control de peso de biomonitores de la zona urbana e industrial de Lurigancho .....	184
Anexo 9: Cronograma de actividades.....	187
Anexo 10: Presupuesto de materiales de pre y post biomonitoreo en las zonas urbana e industrial .....	188
Anexo 11: Presupuesto de costos administrativos del proceso de tesis .....	189
Anexo 12: Solicitud de autorización para el desarrollo del proyecto de investigación en la jurisdicción de la Municipalidad de Lurigancho-Chosica.....	190
Anexo 13: Solicitud de informacion de datos metereológicos del SENAMHI para proyecto de tesis.....	191
Anexo 14: Solicitud de autorización para sacar equipo GPS fuera del campus UPeU para ubicación de puntos de biomonitoreo en investigación de tesis.....	192
Anexo 15: Solicitud de permiso de uso de laboratorio de química, CITAL y CICAL .....	193
Anexo 16: Códigos de Rstudio.....	194

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

### Lista de abreviaturas

ACP:	Análisis de componentes principales
Al:	Aluminio
ANOVA:	Análisis de la varianza
As:	Arsénico
ASTM:	Sociedad Americana de Métodos de Prueba
Av:	Avenida
Ba:	Bario
Ca:	Calcio
Cd:	Cadmio
CE:	Concentración de elementos traza, Carbono elemental
CITAL:	Centro de Investigación Tecnológica Alimentaria
Co:	Cobalto
CO:	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de carbono
CP:	Componentes principales
Cr:	Cromo
Cs:	Cesio
Cu:	Cobre
DIGESA:	Dirección General de la Salud Ambiental
DPASV:	Voltimetría de extracción anódica de impulsos diferenciales
Dr:	Doctor
DS:	Decreto Supremo
E:	Este
EB:	Línea base
ECA:	Estándares de la calidad ambiental
EPA:	Agencia de Protección Ambiental
FAAS:	Espectroscopía de absorción
Fe:	Hierro

GC:	Grupo de control
GE:	Grupo experimental
GPS:	Sistema de Posicionamiento Geográfico
H <sub>2</sub> O:	Hidróxido de hidrógeno
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :	Peróxido de hidrógeno
Ha:	Hectáreas
HAP:	hidrocarburos aromáticos policíclicos
HC:	Hidrocarburos
HCA:	Análisis jerárquico de conglomerados
HNO <sub>3</sub> :	Ácido nítrico
IEES:	Instituto de Estudios Económicos y Sociales
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INRENA:	Instituto Nacional de Recursos Naturales
IPC-MS:	Espectrometría de masa con plasma de acoplamiento inductivo
IQAIR:	Quality Air
Jr:	Jirón
K:	Potasio
LD:	Límites de detección
LMP:	Límites Máximos Permisibles
LSD:	Least Significant Difference
m.s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar
mg L <sup>-1</sup> :	Miligramo por cada Litro
Mg:	Magnesio
MINAM:	Ministerio del Ambiente
Mn:	Manganesio
MPA:	Muestreadores pasivos de aire
N:	Norte
ng L <sup>-1</sup> :	Nanogramo por cada Litro
Ni:	Niquel
NO:	Óxidos de nitrógeno
NO <sub>2</sub> :	Dióxido de nitrógeno

NO <sub>x</sub> :	Óxidos de nitrógeno
O <sub>3</sub> :	Ozono troposférico
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
OPS:	Organización Panamericana de la Salud
OSINFOR:	Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre
PAS:	Polvo Atmosférico Sedimentado
Pb:	Plomo
PM:	Material particulado
Rb:	Rubidio
S.A:	Sociedad Anónima
S:	Sur, Azufre
SAC:	Sociedad Anónima Cerrada
Sb:	Antimonio
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SERFOR:	Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SNI:	Sociedad Nacional de Industrias
SO <sub>2</sub> :	Dióxido de azufre
SO <sub>3</sub> :	Óxidos de azufre
UICN:	Unión Mundial para la Conservación a nivel mundial
UPeU:	Universidad Peruana Unión
V:	Vanadio
W:	Oeste
X:	Manipulación de las variables independiente
Y:	Biomonitores
ZI:	Zona industrial
Zn:	Zinc
ZU:	Zona urbana

## Lista de símbolos

%:	Porcentaje
°C:	Grados centígrados
μm:	Micras
cm:	Centímetros
g:	Gramos
H <sub>0</sub> :	Hipótesis nula
H <sub>1</sub> :	Hipótesis alterna
Km:	Kilómetro
km <sup>2</sup> :	Kilómetros cuadrados
m:	Metro
ml:	Mililitros

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal biomonitorizar un área urbana e industrial empleando dos especies de *Tillandsias purpurea* y *latifolia* como biomonitores. Por ende, se recolectaron ejemplares de dos áreas no contaminadas, trasplantaron y expusieron durante tres meses en áreas de estudio para determinar la acumulación de metales. Se midieron dieciocho elementos (Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, V y Zn), utilizando la técnica espectrometría de masa con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS). Los conjuntos de datos se evaluaron mediante ANOVA de una vía, la relación entre la exposición, la línea de base (EB), análisis de componentes principales (ACP) y correlación de los dos biomonitores en las dos áreas (empleando software estadístico Rstudio). Los resultados mostraron diferencias significativas entre las áreas de estudio para la mayoría de los elementos, pero no se encontraron diferencias entre los biomonitores. Así mismo obtuvimos correlación o similar comportamiento con fuentes de contaminación altas con los biomonitores de las áreas monitoreadas. Las concentraciones más altas de la zona urbana se encontraron para Ba, Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Rb y Zn en *T. latifolia*; Al, As, Co, Cu, Mg, Sb y V en *T. purpurea*. En la zona industrial, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Rb y Zn captados por el biomonitor *latifolia*; Al, As, Co, Cu, Mg, Sb y V en biomonitor *purpurea*, y As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Rb y Zn mostraron concentraciones más altas en biomonitor *latifolia*, mientras que Al, Cd, Pb, Sb y V en biomonitor *purpurea*, la mayoría de los elementos mostraron valores de concentración más altos en la ZI que en la ZU.

**Palabras clave:** *Tillandsia*, *latifolia*, *purpurea*, trasplante, biomonitores, metales traza acumulación, urbana e industrial, ICP-MS



## ABSTRACT

The main objective of this research was to biomonitor an urban and industrial area using two species of Tillandsias *purpurea* and *latifolia* as biomonitors. Therefore, specimens were collected from two uncontaminated areas, transplanted and exposed for three months in study areas to determine the accumulation of metals. Eighteen elements (Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, V and Zn) were measured using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The data sets were evaluated by one-way ANOVA, the relationship between exposure, baseline (EB), principal component analysis (PCA) and correlation of the two biomonitors in the two areas (using Rstudio statistical software). The results showed significant differences between the study areas for most of the elements, but no differences were found between the biomonitors. We also obtained correlation or similar behavior with high contamination sources with the biomonitors of the monitored areas. The highest concentrations in the urban zone were found for Ba, Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Rb and Zn in *T. latifolia*; Al, As, Co, Cu, Mg, Sb and V in *T. purpurea*. In the industrial zone, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Rb and Zn captured by the biomonitor *latifolia*; Al, As, Co, Cu, Mg, Sb and V in biomonitor *purpurea*, and As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Rb and Zn showed higher concentrations in biomonitor *latifolia*, while Al, Cd, Pb, Sb and V in biomonitor *purpurea*, most elements showed higher concentration values in the ZI than in the ZU.

Key words: Tillandsia, *latifolia*, *purpurea*, transplant, biomonitors, trace metal accumulation, urban and industrial, ICP-MS.

# **1 CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Identificación y formulación del problema**

Maji et al., (2017) reportaron que la mortalidad estaba relacionado a la exposición de contaminantes tales como el material particulado, gases, y metales que están dispersos en la atmosfera. Amable Álvarez et al., (2017) los trazas potencialmente peligrosos acreencia a la contaminación medio ambiental en efecto en su gran mayoría estos elementos son perjudiciales a altas concentraciones debido al crecimiento industrial e urbano por ello es necesario distinguir y contrastar los niveles de dichos traza, informando así la alerta en el mundo para optar medidas radicales en términos políticos y científicos.

La Organización Mundial de la Salud OMS, (2016) menciona el principal riesgo ambiental para la salud en las Américas es la contaminación atmosférica, reafirmando que el 92% de la población del mundo reside en lugares donde la contaminación de la calidad atmosférica sobrepasan los límites establecidos por la OMS mencionando así a los países de ingresos económicos bajos, Los estudios señalan que alrededor de 3,4 millones de muertes prematuras al año a nivel mundial fueron provocados por este motivo menciona la OMS, (2017).

OPS, (2018) Organización Panamericana de la Salud, en comunicado de prensa alude que los niveles de contaminación siguen siendo muy peligrosas según los datos de la OMS, mencionados dice que nueve de cada diez personas inhalan aire con niveles altos de contaminación, esto afecta a las personas marginales opina Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus director general de la OMS, el viene haciendo una revisión de la contaminación del aire doméstico, aunque la tasa de acceso a los combustibles y tecnologías limpias está aumentando en todas partes,

las mejoras son más lentas, sino se opta por un desarrollo sostenible será simple quimera. El 2019 la OMS organizó la primera Conferencia Mundial sobre la “Contaminación del Aire y la Salud” con el objetivo de concitar a los gobiernos y asociados en el marco de una movilización mundial para mejorar la calidad del aire y combatir contra el cambio climático.

AirVisual, (2019), compañía de software IQAIR Visual, menciona que hasta la actualidad la contaminación atmosférica es la cuarta causa principal de muerte prematura a nivel mundial. Al año se registraron más de 7 millones de personas fallecidas, su impacto puede no ser siempre evidente en la vida cotidiana y la economía global. AirVisual presenta la recopilación de datos del 2018, para brindar una visión global del estado actual de la calidad del aire del planeta y ranking interactivo de ciudades más contaminadas, mencionando a la OMS que establece que 10 microgramos por metro cúbico el nivel de partículas de  $PM_{2.5}$  el que las ciudades deberían aspirar, estas microscópicas partículas en el humo causando por quema de combustible, incendio o por emisiones de ciertas industrias estas pequeñísimas partículas se filtran en nuestro sistema respiratorio haciendo que sean peligrosas y causando daños a la salud.

La Red de Calidad del Aire Comunidad de Madrid, determina contaminación atmosférica a la presencia de materias o formas de energía (radiaciones ionizantes y ruido) en el ambiente, que puedan tener efectos nocivos para la salud, la seguridad, el bienestar tanto del hombre como del medio ambiente en su conjunto, implicando un riesgo para las personas y bienes de cualquier naturaleza, englobando el medio ecológico de manera directa o indirecta así lo menciona Pumasupa Solórzano, (2018).

La Junta de Calidad Ambiental en coordinación con la Agencia de Protección (EPA), identificaron seis clases de contaminantes principales que afectan sustancialmente la atmósfera de los cuales se han establecido concentraciones máximas permisibles entre ellos: material particulado

(MP), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos, óxidos de plomo (Pb) y nitrógeno (N).

Palomo B. et al., (2016), menciona que la contaminación atmosférica es una preocupación mundial por su impacto sobre la salud del hombre y el ambiente. Como la mayoría de las investigaciones de evaluación de calidad del aire está estrictamente restringido al uso de equipos padrones tales como el High-Vol equipo de captación, el cual hacen requerimientos de electricidad, buen clima, espacio, costo elevado de adquisición, requiere personal para su mantenimiento y constante calibración. Las medidas de control para los compuestos orgánicos volátiles y emisión de gases de efecto invernadero, entre otros contaminantes.

Canales Rodríguez et al., (2014), menciona que la contaminación ambiental ya hace varias décadas se convirtió en uno de los mayores problemas que afecta a todo el mundo, estando presente en todas las sociedades independientemente del desarrollo socioeconómico debido a que este trae como consecuencias fenómenos de cambio climático, gases de efecto invernadero, lluvia ácida, efectos negativos a la salud del hombre y medio ambiente.

Phillips-smith et al., (2017) cita sobre la conglomeración de oligoelementos en partículas PM<sub>2.5</sub> encontrando relación con contaminación antropogénica. Lopez, (2013) cita sobre la identificación de 5 contaminantes de todos los existentes en la atmósfera que afectan a la salud del hombre a través de la inhalación; estos son dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) ozono troposférico (O<sub>3</sub>), material particulado (MP) con diámetros aerodinámico menor a 10 µm (PM<sub>10</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por aportar al efecto invernadero.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática en el proyecto: "Encuesta Nacional de Programas Estratégicos" INEI, (2014), a nivel nacional el Perú en la zona urbana en el año 2014, los hogares cuya población considero que el aire se encuentra contaminado en zona o barrio, 89,3%

según región natural en la costa los hogares cuya población considera que el aire se encuentra contaminado 90,4%, seguido de la sierra 88,7% y la selva 82,8%.

El Ministerio del Ambiente MINAM, (2014), realizó estudios de morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas incluyendo así las valorizaciones de los impactos de salud por presencia de material particulado (PM) 10µm en la atmósfera, utilizando la herramienta de la OMS Air-Q software de evaluación del riesgo para la salud de la contaminación del aire, llegando a una hipótesis de riesgo medio en 1220 casos de muertes atribuyendo al PM10 y 1222 casos en niños por ataques de asma en los años 2013 a 2014.

La contaminación atmosférica es originada por las actividades humanas fundamentalmente el parque auto motor e industrial simboliza un dilema cuya capacidad esta al incremento continuo y se observa efectos nocivos cuando se trata de gran proporción. (Gabriela A. Abril et al., 2016; Simioni, 2003), el informe del Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), menciona al sector industrial con 15,9%, como la primera fuente de ingresos internos seguido fue del sector comercio, con 15,5%; Minería con 14,2%; Construcción con 6,7%, Agropecuario con 1,3% y Pesca con 0,4%. La República, (2019). Es necesario controlar la calidad de aire a modo que también va creciendo el desarrollo, sin un control el efecto negativo será aún mayor, especialmente en países en vías de desarrollo como Perú menciona (Ballester, 2005; A. R. H. De La Cruz et al., 2019).

Según Bustíos C., Martina & Arroyo, (2013) la revista peruana de epidemiología, deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú, la problemática ambiental en nuestro país está siendo afectada de manera creciente a salud y la productividad de la población en general a poblaciones de extrema pobreza amenazando las futuras generaciones.

Según información del INEI publicado por el Diario Correo, (2013), uno de los distritos afectados es el distrito de Lurigancho a consecuencia de la contaminación del aire debido al

incremento de actividades industriales y el parque automotor entre otras fuentes de emisión, teniendo altas concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentado (PAS) generado por la industria de la construcción, ya que superó 10.4  $\mu\text{m}$  en los Límites Máximos Permisibles (LMP) recomendados por la Organización Mundial de la Salud (ONU), existe información registrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en el informe técnico Estadísticas Ambientales de agosto del 2013. Entre los contaminantes más peligrosos en áreas urbanas e industriales, se encuentran el material particulado (MP) transportado por el aire. Esto debido a que su composición está básicamente compuesta de metales.

## **1.2 Justificación**

Los elementos trazas en concentraciones altas forman parte de la contaminación atmosférica, especialmente los metales pesados se acumulan en suelo y plantas, pueden representar un peligro potencial en la salud del ser humano. Los metales más peligrosos por su toxicidad como el plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As), están presentes en jardines y parques urbanos afectando así a niños menores de 6 años debido a su bajo nivel de inmunidad y proceso de desarrollo sensible a estos elementos.

Por esta razón se ha venido desarrollando técnicas de monitoreo biológico como la aplicación del uso de biomonitores destinados a estimar los efectos de polución en los organismos vivos que permiten acumular y cuantificar contaminantes presentes en la atmosfera. Estudios anteriores han demostrado la capacidad de los biomonitores para acumular elementos traza, evidenciando los beneficios en metodología, bajo costo y obtención de resultados para acreditar su aplicación.

Hace ya varias décadas que se ha evaluado la calidad del aire por medio de biomonitores con especies de Tillandsias en otros países brindando beneficios y ventajas adicionales, a comparación del uso de instrumentos de monitoreo de aire. Estas especies epifitas tienen gran importancia

ecológica por enfocar dilemas ambientales relacionados con el cambio climático, capacidad de adaptación al lugar de monitoreo, capacidad de acumular contaminantes de distinta forma, tiempo y su rentabilidad está relacionado con simplicidad de muestreo el grado de acumulación de los metales pesados.

El empleo de la especie *Tillandsias latifolia* y *T. purpurea* como biomonitor activo en el distrito de Lurigancho, Es una alternativa de biomonitoreo de los elementos traza para la problemática de la contaminación medio ambiental del distrito en la zona urbana e industrial, la población de Cajamarquilla está predispuesto a exponerse a un elevado grado de contaminación del aire, por la existencia de industrias como: ladrilleras, refinerías metalúrgicas, chancadoras de silicio, empresas distribuidoras de fertilizantes y agroquímicos, talleres de reparación de vehículos pesados, depósitos de materiales de construcción y asfalto, deposito no autorizado de llantas, chatarra y otros. Por otro lado, la población de Chosica su principal problema es la emisión de gases y material particulado provenientes del parque auto motor debido a su ubicación en la carretera central provoca aglomeramiento o congestión de vehículos pesados, construcción de edificios, viviendas y deslizamiento de las quebradas “huaycos”.

Para que el municipio de Lurigancho-Chosica pueda tomar referencia del análisis que va generar el biomonitoreo de elementos traza teniendo en cuenta la viabilidad del proyecto por su bajo presupuesto para su ejecución. Por otro lado, contribuirá con la información académica para posteriores investigaciones y proyectos que promuevan nuevos estudios para minimizar el cambio climático, mejorar la calidad de aire y fomentar la concientización de la población del distrito de Lurigancho.

La presente investigación aporta conocimientos en relación al uso de nuevas especies del género *Tillandsia* como biomonitores de la contaminación del aire y el primer reporte sobre el nivel

de contaminación de oligoelementos en el aire en áreas urbanas e industriales de Lurigancho-Chosica, Lima-Perú.

### **1.3 Presuposición filosófica**

“Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado Albert Szent-Györgi, (1986)”.

“Se puede vivir dos meses sin comida y dos semanas sin agua, pero solo se puede vivir unos minutos sin aire (Mahatma Gandhi)”

El hombre fue capaz de destruir comunidades, de alterar ecosistemas al igual que hay hombres conscientes de la situación ambiental que restauran la naturaleza con su ingenio, tecnología, voluntad política y sobre todo con su amor a la creación que nos brindó Dios nuestro creador.

La preservación y el mantenimiento de nuestro planeta está íntimamente relacionado con nuestro servicio al Creador, como residentes en esta creación divina y como cristianos fomentamos una cultura de solidaridad y responsabilidad para cuidar nuestro medio ambiente, no hay mejor oportunidad para plasmar nuestro compromiso con la naturaleza mediante la aplicación de nuestra tesis, no solo demostramos que debemos preservar el aire que respiramos por su vital importancia, sino que damos un mensaje de alerta a nuestros hermanos para que tengan en cuenta que es necesario más estudios y herramientas que ayuden a la mejora de nuestra calidad de aire para nuestras futuras generaciones. Ya es una necesidad volver a la armonía que se gozaba cuando el creador nos regaló esta morada perfecta.



## 1.4 Objetivo general

Biomonitorear elementos traza en área urbana e industrial de Lurigancho, utilizando las especies *Tillandsia latifolia* y *T. purpurea*. como biomonitores.

### 1.4.1 Objetivos específicos

- Identificar las especies de *Tillandsia latifolia* y *T. purpurea* en su medio natural.
- Trasplantar las Tillandsias en área urbana e industrial
- Cuantificar la acumulación de 18 elementos traza (Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, V, y Zn) usando la técnica espectrometría de masa con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS).
- Evaluar niveles de contaminación mediante EB-ratio para determinar posibles fuentes de contaminación.

## 2 CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Internacional

Los estudios a nivel mundial señalan que las diferentes especies de Tillandsias, musgos y líquenes representan gran importancia como alternativa de la contaminación del aire así lo mencionan los autores (G. A. Abril et al., 2014; Castañeda Miranda et al., 2016; Naderizadeh et al., 2016b; Pellegrini et al., 2014b; Schreck et al., 2016a) y (Louis K. Boamponsem & de Freitas, 2017; Louis Kwame Boamponsem, 2016b), realizaron diferentes estudios con bioindicadores de la contaminación ambiental.

Schreck et al., (2020), realizo un estudio de biomonitoreo utilizando *Tillandsia usneoides* para estudiar las concentraciones de Zn y Pb que podría influenciar un área minera del sureste de España (Cartagena la Unión) sobre un área urbana y costera. Resultados mostraron una distribución uniforme del material particulado sobre la superficie de la *Tillandsia usneoides* y fue encontrado un significativo enriquecimiento de los elementos estudiados (As, Zn, Cd, y Pb) sobre las áreas estudiadas. Concluyeron que la especie usada en este trabajo era una herramienta útil para evaluar la presencia de metales y material particulado.

Malaspina et al., (2018), emplearon técnicas quimiométricas y la especie de líquenes *Pseudevernia furfurácea* los cuales fueron expuestos por 2 años consecutivos en áreas de Liguria (Italia) basado a diferentes niveles de contaminación. Resultados mostraron altos niveles de contaminantes.

Pellegrini *et al.*, (2014), en su estudio de la idoneidad de una especie de bromelia desarraigada uso la *Tillandsia usneoides* como biomonitor de oligoelementos en el aire en zonas urbanas. El estudio se realizó en cinco sitios de la ciudad de Pisa, Toscana, Italia central que difieren en el uso del suelo, las actividades antropogénicas y la proximidad a las fuentes de emisión. Los elementos investigados fueron: aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), bario (Ba), bismuto (Bi), calcio (Ca), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cesio (Cs), cobre (Cu), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na), níquel (Ni), plomo (Pb), antimonio (Sb), estroncio (Sr), vanadio (V) y cinc (Zn). Sin lavar y ICP-MS analizó las muestras lavadas, recolectadas después de 36 días de exposición en los meses mayo-junio de 2011. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los sitios de muestreo para varios elementos. Concentraciones de Al, Ba, Bi, Cd, Co, Cu, Pb, Sb y Zn fueron los más altos en áreas urbanas de tráfico, suburbanas de tráfico. Algunos de estos elementos, Pb, Ba, Cu, Sb y Zn son comúnmente considerados como elementos relacionados con el tráfico. En el sitio industrial, los principales elementos encontrados fueron Mg, Sr y Zn. Las concentraciones de Fe, Mn, Na y V fueron mucho más altas en áreas rurales, remotas. Los factores de enriquecimiento resaltaron que *T. usneoides* mostró: alta resistencia, tolerancia a la toxicidad de metales pesados, especificidad, capacidad para representar bien un sitio de muestreo, respuesta cuantitativa a la exposición a contaminantes, también indicaron que *T. usneoides* refleja la característica intrínseca de cada área de muestreo y permite rastrear las diferencias relacionadas con las diversas fuentes de emisiones por análisis factorial.

Naderizadeh *et al.*, (2016) evaluaron la presencia de metales pesados (Zn, Cu, Pb, Fe, Ni, Cr, Co y Mn), en un área urbana e industrial de la Provincia de Bushehr, en Irán. En total 50 ejemplares de polvo captados sobre las hojas de palmera fueron recolectados. Asimismo, muestras del suelo para análisis también fueron recolectados. Los resultados encontrados reportaron altas concentraciones de Zn, Cu, y Pb en el área urbana e industrial. Además, fue reportado un nivel de

contaminación mínima para el Fe, Cr y Mn, y de moderado a mínimo a Co. Moderado fue para Ni y Cu, y muy significativo para Zn. El análisis de componentes principales reportó que Zn, Cu, y Pb provienen de fuentes antrópicos, mientras Fe, Cr, Co, Ni, Cu, y Pb fueron liberados probablemente de fuentes no antrópicas y polvo de suelo.

Wannaz *et al.*, (2013), evaluó la asociación entre la acumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en *Tillandsias capillares* y su concentración en el aire medidas por muestreadores pasivos de aire (MPA) de la misma forma las variaciones estacionales de los HAP emitidos por congestión vehicular y las industrias, con el objetivo de evaluar la asociación entre la acumulación de HAP en hojas de *T. capillaris* y sus concentraciones en el aire medidas por PAS. Los resultados mostraron que tanto los muestreadores pasivos como Los biomonitores presentaron los valores de concentración más altos de HAP en la estación seca en sitios con influencia antropológica. La mayoría de los HAP se asociaron con fuentes urbanas e industriales presentes en la ciudad de Córdoba asociado con las emisiones de vehículos en esta área. *T. capillaris* demostró ser un buen acumulador de HAP, considerando que reflejaba las diferencias estacionales entre los diferentes sitios y que estos eran similares a los encontrados en los muestreadores pasivos para la estación seca. Por lo tanto, estos resultados contribuyen al desarrollo de protocolos para el monitoreo de programas de HAP que pueden aplicarse en grandes áreas.

Occelli *et al.*, (2016) evaluaron 18 elementos traza utilizando muestras de líquenes epifitas colectados en un área industrial localizado en el Norte de Francia. Resultados demostraron diferentes niveles y altas concentraciones a los alrededores del área industrial. Asimismo, fue revelado desigualdades en la mayoría de los elementos en todas las vecindades aledañas.

De La Cruz *et al.*, (2019) evaluaron la deposición de metales tóxicos en un área cercana de curtiembre de Brasil sobre las hojas de canela. Los elementos analizados fueron As, Ba, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sb, V, and Zn. Los metales fueron cuantificados con el ICP-MS y los resultados

evaluados con el factor de enriquecimiento. Los resultados reportaron la presencia de Cr a altas concentraciones. DE la misma manera, el análisis de conglomerados reveló que el Cr era liberado por la industria de cuero.

Bargagli, (2016) realizó un trabajo de revisión sobre el Hg utilizando los líquenes y musgos como biomonitores de la calidad del aire. En este trabajo mostró el comportamiento, distribución e impactos negativos que podría causar el Hg para el medio ambiente y la salud humana. Ellos concluyeron que el usar biomonitores como líquenes y musgos son herramientas baratas, confiables y que permite realizar estudios de monitoreo del aire.

Bermudez, et al., (2009). Determinó la mejor idoneidad en tres especies en Argentina entre *T. capillaris*, *T. recurvata*, *T. tricholepis* y líquen *R. celastri* para diferentes fuentes de contaminación del aire al comparar la respuesta fisiológica a la acumulación de metales pesados. El Zn fue el metal pesado dependiente más específico, ya que estaba relacionado con la actividad urbana. *T. capillaris* y *T. tricholepis*. Donde la especie que más captó los contaminantes fue la *T. recurvata*.

Segala A., Baêso M., & Domingos, (2008), mencionan que las plantas bioindicadoras son importantes para la evaluación de la calidad del aire y *Tillandsia usneoides* L., se ha utilizado una bromelia epífita atmosférica para este propósito su estudio tiene como objetivo evaluar el patrón estructural de la hoja de esta especie cuando es expuesto a contaminantes del aire urbano y determinante si las hojas presentan parámetros estructurales que podrían usarse como indicadores de tales contaminantes, expusieron muestras de *T. usneoides* en Sao Paulo Brasil, durante 8, 16 y 24 semanas, y en comparación con otros mantenidos en una zona rural y urbano. La contaminación en la zona de muestreo afectó la estructura de las hojas de *T. usneoides* que causan alteraciones, especialmente en las escamas, densidad de estomas y grosor de la epidermis. Las alteraciones cualitativas en el mesófilo no fueron observadas en plantas expuestas en los sitios contaminados.

Estas características estructurales de *T. usneoides* parecen explicar su alta tolerancia a la acumulación de metales pesados, porcentaje de escalas anómalas puede potencialmente ser utilizado como un bioindicador alternativo.

Ramírez et al., (2008) estudio en Colombia, en el valle de Aburra, donde empleó el pseudoliquen *Tillandsia usneoides* como bioindicador de la calidad del aire. La planta fue reubicada en 20 estaciones monitoreo la calidad de aire y cuantifico las concentraciones de metales como: magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe) y calcio (Ca). Las zonas con mayor concentración de metales pesados fueron las estaciones ubicadas en el sur del área de estudio y que son menores en tiempo de vacaciones de junio y diciembre por la presencia de lluvias y fuertes vientos.

Graciano, Fernández, & Caldiz, (2003), examinó la posibilidad de usar la epífita *Tillandsia recurvata* L, como una especie indicadora de la contaminación por azufre (S), durante el periodo de 2 años en tres sitios del casco urbano de La Plata Argentina, en un sitio suburbano ubicado en un gran parque al norte de La Plata y en un sitio rural a 60 km al sur de la ciudad. Quien realizo observaciones macro y microscópicas, se determinó la concentración de clorofila y el análisis de azufre en tejidos vegetales. Su análisis de clorofila no parece estar relacionada con la elevación de contaminación. En conclusión, la especie *Tillandsia recurvata* tolera los niveles de contaminación zonas urbanas como en La Plata, sin tener alteraciones morfológico y que, por su destreza de apilar azufre en los tejidos, puede ser utilizada como indicadora de contaminación atmosférica por azufre.

Pignata et al., (2002), evaluó la calidad y distribución de metales pesados atmosféricos usando como biomonitor *Tillandsia capillaris* en Argentina así mismo examino la relación de acumulación de metales pesado a la respuesta fisiológica a los contaminantes del aire; usando un área determinado de 50. 000 Km al cual sub dividido 25 a 25 la cual recogió en cada punto de intersección de cada grupo analizando tres muestras de forma independiente los metales analizados fueron Co Cu, Fe Ni, Mn, Pb y Zn por espectrometría de absorción atómica. También determino

parámetros químicos, fisiológicos para determinar daño foliar teniendo como resultado que Fe, Mn y Co hayan tenido la probabilidad de ser adquirida en el suelo a diferencia de los metales Pb fue hallado en las montañas suponiendo que fue adquirida de las rocas graníticas los valores más altos en zonas industriales y para Zn valores altos en zona agrícola al igual para Cu podría ser relacionada por presencia de pesticidas.

### **2.1.2 Nacional**

Huamán *et al.*, (2018), la calidad del aire y la distribución de oligoelementos en un área metropolitana de Huancayo donde fue evaluado usando *Tillandsia capillaris* trasplantada como biomonitores. Los biomonitores fueron recolectados de área no contaminada y expuestos en cinco sitios con diferentes tipos de contaminación para tres meses en 2017, después de la exposición los contenidos de veintidós elementos fueron determinados por análisis ICP-MS. Los conjuntos de datos fueron evaluados por ANOVA unidireccional, relaciones expuestas a la línea base (EB), análisis jerárquico de conglomerados (HCA) y mapa de distribución.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los sitios de muestreo para varios elementos. De acuerdo con las relaciones EF para Ba, Cr, Cu, Pb, Sb y Zn, valor de las relaciones EB se encontraron más de 1.75 alrededor de áreas urbanas, lo que indica antropogénica influencia, que puede atribuirse a fuentes vehiculares. As y Cd, mostraron el valor más alto cerca de las prácticas agrícolas, consideran que su presencia podría ser relacionado con el empleo de agroquímicos (pesticidas, herbicidas, fosfato y fertilizantes).

De La Cruz., (2020) cuantificaron elementos traza (Al, Ca, Fe, K, Na, As, Ba, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, La, Mn, Ni, Pb, Sb, Sc, Sr, U, V, y Zn) en diversas áreas metropolitanas de Huancayo utilizando la especie *Tillandsia capillaris* como biomonitor. Los elementos medidos fueron evaluados a través del *EF ratio*. Los resultados mostraron EB ratios altos para Ba, Cr, Cu, Pb, Sb,

y Zn en las áreas urbanas indicando influencia antrópica relacionada a tráfico vehicular. Altas concentraciones de Arsenio y cadmio fueron encontradas en el área rural, siendo estos elementos relacionadas a actividades de agricultura y uso de agroquímicos.

Bedregal et al., (2014), investigo la contaminación en la ciudad de Lima Metropolitana utilizando como biomonitores dos especies, la primera del liquen *Usnea*. sp y la *Tillandsia capillaris*. Ambos bioindicadores fueron tomados de una zona no contaminada y fueron expuestos durante tres meses en diferentes distritos de la ciudad, la técnica que uso para el análisis fue activación neutrónica. Los resultados adquiridos mostraron fuente de contaminación relevante en algunas áreas de la provincia originarios de la actividad industrial y de las emisiones tránsito.

### **2.1.3 Local**

Aguilar & Türkowsky, (1977) realizaron observaciones entre los años 1974-1975 en la zona de Cajamarquilla, Lima. Donde descubrieron 5 órdenes de arácnidos con 12 familias y 13 órdenes de parásitos con más de 38 familias. También se hallaron artrópodos y vertebrados fueron esporádicas (15 especies: 3 reptiles, 7 aves y 5 mamíferos). El estudio incluyó información sobre adaptaciones morfológicas y fisiológicas de cuatro tipos de tillandsias en Cajamarquilla, las especies halladas fueron la *Tillandsias latifolia*, *T. purpurea*, *T. paleacea*, *T. recurvata*, en las laderas del cerro con una buena extensión de especies. Además, el autor menciona que en la época de primavera es más notorio la floración de la especie *T. pupurea*.

Al revisar la bibliografía, puede confirmarse que ya desde varios años atrás la investigación realizada con este tipo de plantas ha dado resultados favorables para comprobar la contaminación del aire y tomar las medidas necesarias para moderar las consecuencias en la salud y el medio ambiente, pero en un lugar tan poco estudiado como lo es la zona de Lurigancho es difícil tener una correlación como los anteriores estudios en otras áreas.



León et al., (2013), mencionan que hay “21 de estas especies se detectaron en estado de protección en áreas naturales.” En las cuales las especies elegidas para el proyecto no se encuentran consideradas en esta lista.

Aun sin tener tanta información de las plantas dentro de documentos oficiales del Ministerio del Ambiente (MINAM) como es el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal-Memoria descriptiva, una fuente importante de información para promover la conservación y el aprovechamiento sostenible del patrimonio de la flora específicamente.

## **2.2 Marco legal**

### **2.2.1 Constitución Política del Perú**

Aprobado por Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM el 23 de mayo de 2009, en cumplimiento del Artículo 67° de la constitución peruana, mediante el cual el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el desarrollo sostenible del país. Es de cumplimiento obligatorio para las actividades públicas y privadas. Además, esta política es bases del “Plan Nacional de Acción Ambiental”, la Agenda Nacional de Acción Ambiental y otros instrumentos de gestión pública ambiental.

### **2.2.2 Política Nacional del Ambiente**

Es la herramienta para el desarrollo sostenible en el Perú, se elaboró al margen de la Declaración del Río con el objetivo del milenio suscrito por el estado de nuestro país en materia ambiental. Este instrumento es de cumplimiento obligatorio y presentado de acuerdo al artículo 67° que orienta a las actividades públicas y privadas y base para la formulación del Plan Nacional de Acción Ambiental, Agenda Nacional de Acción entre otros.

### **2.2.3 Ley Marco sobre el Cambio Climático**

Aprobada el 18 abril, 2018 se encarga de diseñar, ejecutar, evaluar y difundir las políticas públicas para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas respectivas, con el fin de reducir la vulnerabilidad del país frente al cambio climático, promueve el aprovechamiento bajo en carbono y cumplir sus compromisos internacionales como Estado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en un enfoque intergeneracional.

### **2.2.4 Ley Forestal y de Fauna Silvestre**

Ley N° 29763, primera norma en Perú que paso por un proceso de consulta previa libre e informada a los pueblos indígenas, publicada el 22 de agosto de 2011. Establece el marco legal para regular, promover y supervisar las actividades forestales y de fauna silvestre para lograr su finalidad. Designa al SERFOR como Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, comisionado para el inventario nacional y valoración de la diversidad forestal de fauna silvestre.

#### **2.2.4.1 Decreto Supremo N° 043-2006-AG**

Decreto dado para la categorización de especies amenazadas de flora silvestre, la Unión Mundial para la Conservación a nivel mundial UICN elabora la lista roja de especies amenazadas de fauna y flora silvestre. En el Anexo 1, señala que existen dos especies endémicas de la familia Bromelaceae como especies en Peligro son *Tillandsia sagasteguii* L.B. Sm. y *Tillandsia werdermannii* harms. Ministerio del Ambiente, (2015)

### **2.2.5 Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos**

Protocolo elaborado por la Dirección General de la Salud Ambiental DIGESA, Está diseñado para proporcionar a los operadores del monitoreo de la calidad del aire los principios básicos para

la operación de una red de monitoreo de la calidad del aire en exteriores, para centros poblados en sus diferentes etapas, así como la gestión de los datos.

#### **2.2.5.1 Estándares de la calidad ambiental ECA**

Se aplica como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

### **2.3 Marco Teórico**

#### **2.3.1 Contaminación atmosférica**

Xing et al., (2017) define a la contaminación atmosférica es definida como la presencia, liberación de cualquier agente, físico, químico o biológico o la unión de varios agentes en el lugar según su contracción concentración y forma pueden ser nocivos para todo ser vivo. A medida que se va amplificando el dominio del hombre sobre el medio natural también provoca que su desarrollo genere nuevas necesidades en la sociedad, y deteriore cada día más el medio ambiente que lo rodea. También es la incorporación a cuerpos receptores de sustancias gaseosas sólidas o líquidas y o mezclas de ellas que alteran desfavorablemente sus condiciones naturales del ambiente. La flora y fauna se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre es aquel que adapta y modifica ese mismo medio para satisfacer sus necesidades Ibedaca, (2014) .

Spiegel & Maystre, (2014) menciona que Durán Dantes distingue dos tipos históricos de contaminación atmosférica.

1. “La polución clásica de exorbitantes aglomeraciones industriales debida fundamentalmente a las industrias químicas metalúrgicas y a la ignición del carbón. Un

acontecimiento visible sucedió con el esparcimiento de los humos de La Oroya generado por las actividades de la Compañía Minera Cerro de Pasco que contaminó a los departamentos de Pasco, Lima y Junín”.

2. “La contaminación moderna que atribuye a la etapa de los hidrocarburos. Su inspección es uno de los inconvenientes más complicados de nuestros tiempos”.

La contaminación ambiental ha sido definida como “la alteración desfavorable de nuestro entorno como subproducto total o parcial de las actividades humanas”.

### **2.3.2 Tipo de contaminación y sus fuentes**

#### **2.3.2.1 Contaminación primaria y secundaria**

La liberación a la atmósfera de sustancias o partículas puede provocar daños directos (atmosférica), alterar su composición o funcionalidad en el proceso de (efecto invernadero) o daños directos a la capa de ozono Velentza, (2016).

1. **Contaminación primaria:** es un contaminante emitido directamente (no ha tenido alteración molecular) de una fuente al aire. Están presentes en forma de gas, líquido o sólido, como son el monóxido de carbono (CO), aerosoles o partículas, los óxidos de azufre (SO<sub>3</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO) e hidrocarburos así lo define la Red Ambiental de Asturias, (2019).
2. **Contaminación secundaria:** es aquel contaminante emitido que se forma con otros contaminantes (contaminantes primarios) y reaccionan química o foto químicamente en la atmósfera. Un ejemplo es el ozono, que se forma cuando los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se combinan en presencia de luz solar según la Red Ambiental de Asturias, (2019).

### **2.3.2.2 Fuentes de contaminación de aire**

Cada actividad en nuestra vida cotidiana implica el uso de energía, desde la alimentación, transportes, uso de carreteras, la educación, recreación, consumo en general genera un tipo de contaminación y abarca también al aire.

**Fuentes naturales:** En resumen, se considera las siguientes actividades como fuentes naturales de contaminación atmosférica.

- La actividad volcánica
- Fuegos e incendios forestales
- Polvo sedimentario levantado por el viento
- Residuos de descomposición biológica
- Salitre proveniente del agua de mar
- Radiación solar y cósmica
- Polen de flores
- Ozono producido por descargas eléctricas

**Fuentes antropogénicas:** son aquellas producidas por la mano del hombre. El grado de peligrosidad es mayor que las naturales. Estas pueden subdividirse en fuentes móviles y fuentes estacionarias o fijas.

- Fuentes móviles: Las contaminaciones de atmosférica por lo general están vinculadas con los medios de transporte como son los vehículos de motor, aviones, barcos, trenes, etc.
- Fuentes estacionarias o fijas: son aquellas que provienen en su mayoría de actividades industriales o agrícolas, como son las plantas de producción de energía eléctrica.
- Industrias en general
- Calentadores, incineradores y calderas

- Quema de desperdicios a campo abierto
- Actividades de construcción de edificios y carreteras
- Actividades sector agrario
- Actividades sector minero

### **2.3.2.3 Contaminación urbana**

Son provenientes de fuentes móviles como: tráfico rotado y de fuentes fijas de combustión (industrias, usos residenciales), incluyendo el parque automotor.

El crecimiento de las urbes es inevitable, los metales y contaminantes al estar presentes en suelos, pueden ser limitados su desplazamiento o acumulación en el área, transportando por vías como quedar contenido, o ser adheridas por adsorción, complejación o finalmente por precipitación.

La investigación realizada por Penkala et al., (2018) concluyen que los metales Pb, Cu, Ni, Cr, Cd y Fe, concentrados en las muestras de partículas suspendidas totales son vinculados principalmente al tráfico vehicular, mientras Soleimani et al., (2018) menciona que los metales derivados del vehículo (Cu, Zn, Cd, Sb, Ba y Pb) se derivan principalmente del desgaste más que de la combustión; Cu, Ba y Sb probablemente están dominados por el desgaste de los frenos.

Li et al., (2017) investigo concentración de metales en muestras de polvo de Cd, Mn, Cr, Co Ni, Cu y Zn, el polvo del área urbana se dispersa con facilidad a la atmosfera independientemente del tamaño de las partículas, dependen de su composición química influye directamente en los efectos que provoca en la salud. Actualmente aún existe la inseguridad acerca de provocados efectos por las diversas especies químicas, la mayoría de los investigaciones apuntan que el mayor impacto en la salud viene provocado por las partículas de carbono elemental (CE), compuestos orgánicos (CO)

Gu et al., (2013), especialmente hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), sulfatos y nitratos, y determinados metales como As, Cd, Fe, Zn, Cr, Cu, Al, V, Ni y Pb.

La investigación realizada por Connan et al., (2013) concluyen que los metales Zn, Pb, Ni, Cd, Hg, hallados en las muestras de MP suspendidas totales son atribuidos principalmente al tráfico vehicular, mientras Trujillo González, (2014) menciona que los metales derivados del vehículo Pb, Zn, Ni, Cu, Cr, Fe y Cd la presencia de metales pesados por acumulación en los sedimentos viales se derivan principalmente del desgaste más que de la combustión.

#### **2.3.2.4 Contaminación industrial**

El crecimiento económico va asociada al desarrollo de las diversas actividades como la industria entre ellas la petrolera, de servicios, la agroindustria y el incremento de las unidades automotoras; al mismo tiempo la práctica de actividades agropecuarias no apropiadas requiere del consumo de mayor energía para el funcionamiento de maquinarias y provoca la generación de elevados volúmenes de contaminantes, que al relacionarse con las condiciones en el ambiente pueden ocasionar perjuicios a la salud humana, ecosistemas y recursos materiales Rai, (2016).

Estudios confirman que el incremento y prosperidad de las industrias juegan un papel importante en cuanto a la producción de residuos y contaminantes, no todas las industrias tienen como política cuidar el medio ambiente a pesar de tener leyes que amparan su regulación. En países en desarrollo va en creciente la contaminación ya que no internaliza en sus costos ambientales a su costo de producción, abriendo puertas a una competencia poco leal frente a otras industrias que si lo hacen Rai, (2016).

Wang & Ogawa, (2015), menciona que existen factores topográficos y meteorológicos que influyen en la contaminación del aire, entre los que se pueden citar:

- La topografía del terreno.

- Edificaciones existentes.
- Vientos: dirección y velocidad.
- Precipitación.
- Presión barométrica.
- Espacio de difusión (área de movimiento de los contaminantes y altura máxima a que pueden llegar las corrientes de aire).

### 2.3.3 Monitoreo biológico

Es el uso de organismos cosmopolitas como una herramienta para la contaminación ambiental se ha desarrollado notablemente durante las últimas décadas, estos organismos asumen contaminantes ambientales y pueden utilizarse como indicadores de la biodisponibilidad de un contaminante dado en el tiempo permitido.

#### 2.3.3.1 *Biomonitoreo*

Es una técnica de la química ambiental, donde son utilizados biomonitores o bioindicadores con la finalidad de estimar los niveles de la calidad atmosférica en una o varias áreas geográficas, para un determinado contaminante o un grupo de ellos y ellos sobre cortos o varios periodos de tiempo presentes en dicha zona.

1. **Biomonitoreo activo:** técnica basada en la colecta de áreas no contaminadas para ser trasplantadas en áreas contaminadas de interés donde se exponen por un periodo determinado. Por lo general esta técnica nos permite evaluaciones cuantitativas y requiere el uso de plantas de control para la muestra testigo.



2. **Biomonitoreo pasivo:** técnica más simple basada en coleccionar organismos presentes en el ecosistema o zona de estudio a monitorear en este caso en los tillandsiales para evaluar después de ser analizados en periodos largos.

#### **2.3.3.2 Bioindicadores**

Blanco, (2018) son aquellos organismos que se pueden utilizar para la identificación y determinación cualitativa de los contaminantes ambientales generados por las personas, mediante alteraciones en su fisiología a través de su capacidad de acumulación de polutantes mientras que la definición de biomonitores aplica a aquellas especies que son utilizadas por lo general para la determinación cuantitativa de contaminantes y pueden ser clasificados como sensibles o acumulativos (Gómez et al., 2013; Hawksworth et al., 2005).

#### **2.3.3.3 Biomonitores**

Son organismos o comunidades de ellos que sirven para medir efectos de contaminación en los organismos vivos ello nos permite información sobre los riesgos que acarrearán para otras formas de vida, ecosistemas y el ser humano. (Anze & Romero, 2007; Malaspina et al., 2018), permite cuantificar la calidad atmosférica a través de la comparación de rangos considerados de “background” su comportamiento muestra una relación lineal en determinadas dosis concerniente a la dosis de un contaminante de la atmósfera y tiempo de exposición.

#### **Tipos de bioindicadores:**

1. **Acumuladores o directos:** son las especies que tienden a ser tolerantes a los agentes contaminantes resalta su capacidad para captar compuestos químicos.
2. **Sensitivos o indirectos:** son especies que indican agentes contaminantes de la atmósfera muestra evidencias reconocibles presenta una gran sensibilidad ante los contaminantes cuantificables.

#### 2.3.4 Elementos traza

Los oligoelementos y/o elementos traza son partes de los contaminantes atmosféricos y su determinación en las partículas del aire corresponden a fracciones inhalables que representan un parámetro importante en la salud pública. Algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son poderosos contaminantes de carácter cancerígeno mutagénico la implementación La implementación de un control de la calidad del aire requerirá el monitoreo de los niveles de contaminantes severos tales como los HAP, arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb) y níquel (Ni) Malaspina et al., (2018).

El Aluminio (Al) es un elemento proveniente del suelo. La más alta concentración de Al encontrado en el área urbana es debido a que esta existe alto tráfico vehicular que hace que el suelo sea resuspendido y otro las áreas sin pavimentar.

En la industria el aluminio se conoce por su alta conductividad eléctrica y térmica, lo mismo que por su gran efectividad, usado mucho en el mercado de la construcción y en segundo lugar el transporte, asimismo en carrocerías, transporte rápido sobre rieles, ruedas formadas para camiones, vagones, contenedores de carga y señales de carretera, división de carriles, alumbrado, en aplicaciones eléctricas y alambres, además el aluminio en polvo se usa en pinturas, combustible para cohetes y explosivos y como reductor químico, según Vittori & Nesse, (2014). Provoca daños a la salud al ser ingerido, respirado o por contacto con la piel provoca daño al sistema nervioso central, pérdida de memoria, temblores severos y en el medio ambiente provoca acidificación provocando problemas en plantas y peces debido a las reacciones de aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y embriones de ranas y a los animales que los consumen, Asociación Española del Aluminio, (2018).

El Al es un elemento que encontramos en mayor cantidad en el suelo así lo menciona Vasquez et al., (2014) por encima del 15% de la corteza terrestre está compuesta  $Al_2O_3$ , están pocos solubles o alcalinos y no resultan tóxicos para los vegetales; sin embargo el pH del suelo es reducido aumentara la solubilidad del Al hasta que aumente su intercambio iónico del suelo. Para L. B. Dos Santos et al., (2018)(L. benevides dos Santos et al., 2017) las plantas acumulan Al cuando los suelos tienen una reacción acida, la reacción química es diversa y compleja donde comprende la polimerización, hidrolisis reemplazo de elementos, tiene la capacidad de atravesar la membrana plasmática, por intermedio de sus poros hidrófilos o los canales de proteínas alcanzar (Alexandrino et al., 2020; Casierra-Posada, 2018), la acumulación es un indicador la sensibilidad al elemento se ubica en el ápice. radicular y su tolerancia como la exudación de ácidos orgánicos.

Arsénico (As) se encuentran en áreas industriales debido a que este metal debido a la asociación con los sulfuros que se emplean como materia prima en la fundición de cobre como lo menciona (Alsioufi, 2017; Colin & Michael, 2003), también hace mención a la producción de oro, plomo y níquel, en la producción de hierro y carbón en uso de pesticidas, herbicida y preservantes de madera Gehle et al., (2013) y Bajpai & Upreti, (2012), el arsénico es conocido por ser cancerígeno en seres humanos dejando secuelas graves por inhalación afectando funciones del pulmón, probablemente cáncer a la vejiga, riñón, hígado en caso de ser ingerido y daños en la piel.

El bario es un elemento empleado en la industria de la pintura y la minería. También pueden encontrarse en áreas urbanas, esto debido a la congestión vehicular como indica los estudios de Giampaoli et al., (2016) y (G. A. Abril et al., 2014). Los valores naturales de bario en la atmosfera son muy inferiores. El aire que inhalan la mayoría de la gente abarca aproximadamente 0.0015 partes de bario por billón de partes de aire (ppb). El aire alrededor de fábricas que liberan compuestos de bario al aire tiene aproximadamente 0.33 ppb o menos de bario que demostraron la relación de las emisiones vehiculares por ello es considerado como un trazador de suma

importancia para actividad vehicular, con la presencia de bario en concentraciones altas de la misma forma el sulfato de bario también se usa para fabricar pinturas, ladrillos, baldosas, vidrio, caucho y otros materiales en la industria que podría ser causantes de problema en la salud de forma leve ATSDR, (2016).

Asimismo, el Ca es un elemento muy abundante en la corteza terrestre, su presencia probablemente está relacionada a la construcción o demolición de pistas y edificios. Incluso es útil para la fabricación de vidrio para ventanas, botellas, papel, plásticos, pinturas e impermeabilizantes, abrasivos, selladores de madera y fertilizantes con la forma de carbonato de calcio, (Giampaoli et al., 2016b; Guevara & Castro, 2018; Ramírez Cardona et al., 2008), en su estudio de biomonitorio empleando *Tillandsia usneoides*, atribuye la presencia del calcio a la presencia de industria alimenticia, relacionada a la zona industrial.

El cadmio es un elemento que abunda en la superficie terrestre, es acumulativo y uno de los metales más tóxicos, contaminan el ambiente desde su proceso de fundición y refinación, se obtiene también como subproducto de los tratamientos metalúrgicos de zinc y plomo González, (2018a) y Mejía Garcés, (2016). Para (Colin & Michael, 2003; Hernandez Picazo, 2014) Estos pueden tener origen en fabricación de hierro, en la industria del carbón, zinc, plomo y cobre. Además la quema de carbón o baterías y plásticos introduce cadmio al medio ambiente, (Kováčik et al., 2014; Orozco, Perez, González, Rodriguez, & Alfayte, 2008), menciona que el cadmio puede ser acumulativo en el cuerpo con altas concentraciones, incluyendo el humo del tabaco; puede producir hipertensión, problemas en las arterias como arterioesclerosis.

El cobalto es un elemento que abunda en la corteza terrestre de forma natural y entre sus aplicaciones comerciales más importantes están; como secante para: tintas, pinturas, barnices, etc., para la preparación de aleaciones para uso a temperaturas elevadas, aleaciones para máquinas y herramientas, la aleación dental y quirúrgica llamada vitallium por ello es considerado toxico

peligroso al mezclarse con otros oligoelementos para formar estas aleaciones son más resistentes o más duras a la corrosión, sus compuestos son azules y son añadidas en pequeñas proporciones para productos de la agricultura y medicamentos Manuel, (2014).

El Cromo es un elemento empleado en la industria textil y de curtido, además en el recubrimiento de metales, el cromo está relacionado a emisiones de fuente vehicular e industriales a temperaturas altas así lo menciona Joseph & Erraguntla, (2014). La galvanoplastia puede liberar ácido crómico spray y trióxido de Cr en el aire, ambos pueden resultar en daño directo a la piel y los pulmones como, así como el polvo de cromo se ha considerado como posible causa de cáncer de pulmón. Sankhla et al.,(2016).

El cobre es un elemento usado para evitar la corrosión, su fácil confortabilidad y la conductividad térmica, Araya et al., (2017). Los valores pueden ser producido de fuentes de emisión por la industria que emplean la fabricación de fertilizantes para la agricultura, en los equipos domésticos, industriales y analíticos, en industrias que empleen aleaciones, en procesos de metales respectivamente. Se cree que las emisiones de los procesos anteriores pueda ser la fuente de contaminación del aire por cobre, (Tarricone et al., 2015; Ramírez Cardona et al., 2008 ).

El hierro es el segundo elemento en altas concentraciones en la corteza terrestre y utilizado desde tiempos históricos hasta la actualidad, se puede observar mayor influencia de Fe en las áreas industriales, se destaca que su procedencia abundante puede ser debido a emisiones principalmente del polvo transportado del suelo y de procesos de fundición. Asimismo, tuvo resultados en su investigación con *T. usneoides*. (Tarricone et al., 2015; Maria Camacho, 2006; Ramírez Cardona, Oviedo, Salazar M., & Giraldo A., 2008). Los estudios de Hurtado et al., (2014) propone al líquen *Parmotrema sancti angelii* (Lyngby) Hale como un eficiente bioacumulador y biomonitor de metales y relaciona al Fe como un elemento de origen natural y menos antropogénico, estudio indica que las concentraciones de hierro en esas zonas del valle de Aburra pueden provenir de minerales y sus

emisiones son provenientes principalmente del polvo transportado del suelo y de procesos de fundición que hay en estas zonas. Lavernia, (2015), quien menciona que el Fe aparece como residuo de diversas actividades metalúrgicas que incluyen materiales ferrosos.

Elementos mayoritarios como el hierro y el zinc pueden provenir de la resuspensión del polvo al paso de vehículos y de su combustión en el caso de los vehículos que funcionan con diésel, menciona de esta manera Aguilera, (2018).

El potasio (K), es un elemento presente en la fabricación de fertilizantes en sus formas de cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio, en la industria alimentaria, cerveza y vino. Posiblemente están presentes en altas cantidades en áreas industriales como fábricas de fertilizantes, Barcelonesa, (2019).

El magnesio resalta por su potencial aplicación en la industria automotriz y la industria del acero para remover el azufre, la producción de hierro fundido, titanio, circonio, hafnio y uranio. Berrio-Betancur et al., (2017), también menciona su uso como materia prima para elaboración de latas de bebidas y su uso cuando el magnesio se encuentra como polvo fino para la producción de juegos pirotécnicos y aplicado en la elaboración de fertilizantes.

El Manganeseo es un elemento empleado en la industria química, en fundiciones y liberados en procesos de aleación, su mineral más importante es el dióxido, pirolusita  $MnO_2$ , por sus propiedades oxidantes es empleado para blanquear el vidrio ennegrecido por diversas materias carbonosas, también se empleado para elaboración de fertilizantes ya que este metal es un oligoelemento esencial para las plantas Pellegrini et al., (2014) y Bedregal et al., (2014), habitualmente no se encuentra en aguas naturales pero si en aguas acidas con asociación al hierro su uso para el acero es para aumentar solidez dureza y rigidez, la emisión al medio ambiente por industrias manufactureras que usan magnesio, parque auto motor y la minería (Shotyk et al., 2016; Manuel, 2014).

El Ni, se emplea en el acero inoxidable y otras aleaciones resistentes a la corrosión. Los humanos pueden ser expuestos al níquel al respirar el aire, beber agua, comer comida o fumar cigarrillos. Se ha hallado probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata, además asma y bronquitis crónica. Lenntech (2019b), menciona que una fuente de eliminación sucede cuando el níquel es liberado al aire por las plantas de energía y las incineradoras de basuras, las cuales reaccionan con las gotas de lluvia y son depositadas en el suelo sobre todo alrededor de las refinerías.

En cuanto a tierras raras, rubidio altas en la zona urbana los elementos que encontró (Galal & Shehata, 2015; Abril et al., 2014; Figueiredo et al., 2007 ) de tierras raras, Fe y Rb, probablemente tengan partículas del suelo como fuente principal cuando evaluó la contaminación metálica atmosférica en la región metropolitana de São Paulo, empleando *Tillandsia usneoides* como biomonitor.

Antimonio su emisión derivada del desgaste de frenos y ruedas del parque de vehículos que ha causado que los niveles de metales como cobre, antimonio, estaño, manganeso, zinc y bario registrados en zonas urbanas sean equivalentes, o incluso en algunos casos superiores, a los registrados en zonas industriales, menciona De La Cruz et al., (2020). En general el antimonio posee una conductividad eléctrica menor en sólido que en estado líquido, se utiliza en muchas aleaciones con plomo para resultados resistentes y duros. En cuanto a salud es posible inhalar el polvo de antimonio puede causar irritación en ojos, piel o pulmones, aun no se ha encontrado prueba de que provoca cáncer según Lenntech, (2019).

El vanadio es la primera traza de la tabla periódica se encuentra distribuido en la naturaleza, carbón, combustibles fósiles y/o 68 minerales diferentes con una presencia de 0.014 a 0.02 % así mismo en las industrias metalúrgicas la fuente principal del vanadio al medio ambiente es la combustión de estos materiales, Doria Argumedo & Fagundo Castillo, (2017), considerado

altamente tóxico en la variedad de sistemas biológicos genotípicos y mutagénicos en plantas y bacterias participa en organismos fotosintéticos. Por otro lado Lavernia, (2015), empleo la técnica de espectroscopia de plasma producido por láser (LIBS) permitió constatar la presencia por bioacumulación de vanadio, cobre, cromo, níquel, azufre y plomo en talos saxícolas de las especies *P. borrieri*, *X. microspora* y *U. amblyoclada* y atribuye su presencia al flujo vehicular.

El plomo es considerado una partícula en suspensión (SPM, PM-10), Spiegel & Maystre, (2014a) lo considera un contaminante atmosférico se encuentra en la corteza terrestre de manera natural su uso suscitó un gran impacto en la contaminación ambiental y ello trajo efecto del incremento considerable en su exposición a la población ocasionando así problemas muy graves a la salud pública para la OMS sugiere que no existe concentración que pueda considerarse segura este traza en diversos productos de uso cotidiano, en consecuencia las fuentes principales de contaminación medio ambiental es generado por la minería, metalurgias como también en el uso de aditivos, pinturas y gasolina (Isabel et al., 2015; Cortez Lugo et al., 2003 ). así mismo es usado en la industria eléctrica, el transporte en áreas urbanas se relaciona a las emisiones metálicas, producción de latas para uso de envasado alimenticio y los juguetes y baterías sus efectos es nocivo se amplifica según aumenta la concentración en la sangre disminuyendo así la producción de hemoglobina afectando el metabolismo la vitamina D.

El zinc es un oligoelemento distribuido en la naturaleza, se encuentra frecuentemente en partículas finas tiene relación e emisiones vehiculares, minería, refinación de minerales plomo, cadmio y zinc como también la incineración de carbón, producción de acero (Penkała et al., 2018; María Del C., 2006; Puga et al., 2006), esta como sulfuro ZnS (Blenda) en la naturaleza sus sales como el zinc son muy tóxicas a concentraciones 40-50 mg/l. si su concentración en el suelo es absorbido con facilidad por lo vegetales. Así mismo en el cuerpo humano es abundante por ser un ion intracelular en personas adultas e 1 y 2.5 g<sup>4</sup> solo es superado por el hierro. También el zinc y



cromo es usado en procesos bioquímico para el desarrollo de la vida Rubio et al., (2007), los investigadores reportaron que las emisiones vehiculares por combustión a altas temperaturas y aceites de motores considerados fuentes principales para el Zn.

### **2.3.5 Técnica de espectrometría de masa con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS)**

Esta técnica se llegó a utilizar de manera comercial en 1983 ganando aceptación en gran mayoría de laboratorios a nivel mundial. Alsioufi, (2017). Esta técnica ha sido combinada para ICP-MS es la técnica analítica más extendida para la cuantificación de elementos traza, ya que tiene una gran sensibilidad, así como una excelente capacidad para el análisis multielemental de isotopos así lo menciona (Castañeda Miranda et al., 2016; Liu & Naismith, 2008 )(Liu & Naismith, 2008), sobre todo porque tiene mayor ventaja sobre otras técnicas de análisis elemental que se delimitan en la detección de todos los elementos traza.

Esta técnica es capaz de detectar, cuantificar casi todos los elementos de la tabla periódica a concentraciones bajas con límites de detección (LD) en el rango de  $\text{ng L}^{-1}$  – $\text{mg L}^{-1}$  ideal a nivel traza. También es usado para análisis de alimentos, agua, lixiviados de rocas y minerales, por su capacidad de precisión, sensibilidad velocidad de análisis (Rousis & Thomaidis, 2017; Zheng Lei., 2004). .

**Tabla 1.***Comparación de técnicas analíticas*

<b>Características</b>	<b>FAAS</b>	<b>ICP-OES</b>	<b>ICP-MS</b>
<b>Límites de detección (LD)</b>	<b>Bueno para algunos elementos</b>	<b>Bueno para algunos elementos</b>	<b>Excelente para la mayoría de los elementos</b>
Precisión	0.1 – 1%	0.3 -2%	1-3%
Interferencia química	Muchos	Poco	Moderado
Sólidos disueltos	0.5 – 3%	2 – 25%	0.5 – 3%
Tiempo de análisis	10 -15 segundos por minuto	1-60 elementos por minuto	Todos los elementos < 1 minuto
Costo de lecturas	Bajo	Alto	Alto
Costo de capital	Bajo	Alto	Muy alto
Número de elementos	68+	73	82
Volumen de muestra necesaria	Grande	Medio	Muy poco a medio
Rango dinámico	103	106	108
Análisis Semicuantitativo	No	Si	Si
Análisis isotópico	No	No	Si

**2.3.6 Género tillandsia**

El nombre de tillandsia fue nombrado por Carlos Linne en 1738, en honor al botánico Dr. Elias Tillandz. Son especies que se nutren por sus hojas, el requerimiento de nutrientes y agua son mínimas y adquiridas de la atmosfera, sus hojas están cubiertas por tricomas células adaptadas para la adsorción de agua y nutrientes, su raíz no tiene capacidad de adsorción de ningún tipo solo funciona como soporte. Estas especies son epifitas quiere decir que, normalmente crecen sobre otras plantas o especies del ecosistema sin ser parásito para ellos por lo general en árboles, o en el suelo.

El género *tillandsia* proviene de la división de la familia Bromeliaceae se define en tres subfamilias: *bromelideae*, *pitcairnioideae* y *tillandsia* Espejo S. & López F., (2018). Así mismo la subfamilia *Tillandsioideae* a la cual pertenece el género *Tillandsia* mundialmente está representada por 9 géneros y 966 especies comprendidas y (474 sp) pertenecen al género *tillandsia* Virginia Castello et al., (2016)

Así mismo en el Perú la familia Bromeliaceae, presenta 19 géneros y alrededor de 450 especies (Barfuss et al., 2016; Olaya, 2016<sup>a</sup>; Ulloa, Zarucchi, & León, 2004; León, Pitman, & Roque, 2006), reconocen 223 endemismos en 13 géneros, indican que *Tillandsia*, *Puya* y *Pitcairnia*, son los que incluyen la mayoría de los endemismos en la familia. Estos taxones endémicos ocupan la mayoría de las regiones ecológicas, entre los 100-4,700 m.s.n.m. de altitud.

Las especies de las familias *Bromeliaceae* se encuentran protegidas legalmente por el estado (INRENA con el DS. N° 043-2006-AG) que categoriza a muchas de ellas como amenazadas, e inclusive se debe obtener permisos especiales para su colecta.

(Estrella-Parra et al., 2019; Koch et al., 2019; Osses et al., 2005), los *tillandsiales* están constantemente amenazados principalmente por acciones antrópicas, como son la expansión urbana, turismo, la contaminación por botaderos de basura, construcción de carreteras, entre otras están produciendo el deterioro de los *tillandsiales*. Son muy pocos los que practican la conservación de *tillandsiales* en zonas como Marcona en Nazca. El *tillandsial* se caracteriza por constituir una formación vegetal principalmente monogénica, compuesta casi en su totalidad por plantas rastreras o postradas del género *Tillandsia*. A pesar de la extrema aridez en la costa, estos ecosistemas son de tipo permanente y sobreviven gracias a la alta concentración de las nieblas invernales generadas por la corriente fría del Pacífico o Corriente de Humboldt.

Olaya, (2016) el género *Tillandsia* es de distribución neotropical, posee el mayor número de especies dentro de las Bromeliaceae, tanto como a nivel mundial como nacional. El territorio

peruano es rico en variedad y complejidad entre el clima, hidrología, edafología, flora y fauna dando crédito a estudios de Antonio Brack Egg, gracias a nuestra diversa geografía en costa, sierra y selva o montaña.

(Espejo S. & López F., 2018; Estrella-Parra et al., 2019<sup>a</sup>; Ramos, 2011 ), da referencia de la ubicación en general de las tillandsias, estas pueden desarrollarse tanto en llanuras como en las colinas y laderas de montaña de las estribaciones; además de tener referencia que la especie de género. Según León et al., (2013) las *bromeliaceae* endémicos ocupan la mayoría de las regiones ecológicas del Perú, desde bosques pluviales montañosos, bosques húmedos Amazónicos en el lado oriental del país, hasta las regiones Mesoandina, de la Puna seca y húmeda y zonas altoandinas en el lado occidental, entre los 100 y 4700 m.s.n.m. de altitud.

Este tipo de cobertura vegetal se ubica de manera dispersa a lo largo de toda la línea costera, sobre las planicies y colinas. En el presente, se refiere solo a aquellas áreas que presentan mayor cobertura y superficie, como es el caso de las pampas y las primeras estribaciones de la cordillera occidental (hasta los 1100 m. s. n. m.) del departamento de Tacna. Ocupa una superficie aproximada de los 1100 m. s. n. m. Se extiende con una superficie de 7182 ha, que representa el 0,01 % del total nacional. Ministerio del Ambiente, (2015).

En Lima tenemos variedades de Tillandsias como las que se van a describir:

Estudios del género Tillandsia realizados en otros departamentos y distritos de Lima que no se refiere el presente mapa, como por ejemplo en Cajamarquilla (departamento de Lima), donde se reportó en un sector una cobertura vegetal promedio de 30 %, con 430 g de materia fresca por metro cuadrado y una estacionalidad fenológica marcada, floreciendo con la llegada del verano, (Bedregal et al., 2014; Rubén et al., 2018; Turkowsky & Lopez Ocaña, 1983).

También fue encontrada en Cerro Piedra Campana (7°58'30" S–79°06'30" W, Km 576 Panamericana Norte, 996 m de altura y 4564.98 has) (distrito de San Antonio - Cañete, Lima)

identificó en las quebradas rocosas con laderas arenosas una población de *Tillandsia latifolia*, junto a la cactácea *Haageocereus sp.* Macbride (1963), también reportó a *LCO*- Liman y a la especie *Tillandsia paleaceae* en Cajamarquilla.

#### **2.3.6.1 Características como biomonitor**

Existen cinco tipos de tillandsias determinados por la forma, indumento, tamaño y arreglo de las hojas, así como sus posibilidades de almacenamiento. Esta clasificación resulta de los conceptos empleados por (Aponte & Flores, 2013; Espejo S. & López F., 2018). En el presente trabajo se da nombre a algunos tipos de *Tillandsia* que no fueron asignados por los autores anteriormente citados:

El género *Tillandsia* presenta dos clases de plantas, aquellas que no poseen tallo, conocidas como acaulescentes y las que si lo poseen denominadas caulescentes. En esta última categoría podemos mencionar a *Tillandsia schiedeana*, *T. recurvata* y *T. usneoides* Virginia Castello et al., (2016b).

#### **2.3.6.2 Variedad de tillandsias**

Este género tiene dos variedades

##### **2.3.6.2.1 Tillandsias verdes**

Estas variedades crecen por lo general en las sombras y requieren un clima templado lluvioso por lo general se encuentran en la tierra o copas de los árboles, carecen de tricomas.



*Figura 1.* Muestra de *tillandsia latifolia* propia del investigador.

#### 2.3.6.2.2 *Tillandsias grises*.

Estas variedades casi en su totalidad crecen en zonas subhúmedas o sub áridas con alta humedad en la atmosfera, prefieren el sol por el cual se encuentran en las copas de los árboles o rocas la mayoría. Las *tillandsias grises* pueden llegar a reunirse en grandes asociaciones, que contribuyen considerablemente a caracterizar la Costa del Sur y Centro, se localizan hasta de las partes bajas de las vertientes andinas. Las encontramos en lugares donde la escasez de las precipitaciones limita el desarrollo de otras plantas superiores. Se mantienen con las pequeñas cantidades de agua proporcionada por la neblina y el rocío; pero no pueden soportar, según Olaya, (2016a), una larga interrupción de estas precipitaciones. Se explicaría así el que dichas plantas escasean en la Costa del Norte, donde caen algunas lluvias durante el verano, pero su producción en ambigua.

(Mondragón et al., 2015; Ramos, 2011), el género *Tillandsia* (Bromeliaceae) pertenece a la familia Tillandsioideae, y lo considera el tipo de vegetación más representativa de color gris y típica de la costa, formando comunidades sobre las arenas como las encontradas en Cañete sin embargo, durante la observación de la *Tillandsia* se distingue los dos colores, el gris en la parte inferior, esta zona de la *Tillandsia* se encuentra con más resequeidad y escaso de vitalidad pero aun sujeta al suelo con aproximadamente 10 cm de altura hasta llegar a la parte verde de la planta, la cual presenta signos de madures y vitalidad con presencia de flores en su mayoría alcanzando una altura de 40 cm.



Figura 2. Muestras de *tillandsia purpurea* propia del investigador.

#### 2.3.6.3 Reproducción

La reproducción de las tillandsias al igual que todas las bromelias se da de dos maneras:

1. La primera: es por polinización y producción de semillas, no se auto fecundan y el polen proviene de otra planta de la misma especie.



2. La segunda: la reproducción de plántulas llamadas hijuelos esto sucede cuando la planta madre brota muchas veces sobre el tallo esto ocurre después de la floración. Una sola planta puede tener varios hijuelos y ser separados para desarrollarse o juntos para formar colonias de ellos.

En cuanto a la morfología de la semilla ha sido un importante estudio taxonómico para las Bromeliaceae, con tres semillas distintos tipos, desnudos, alados y plumosos, correspondientes a las subfamilias tradicionalmente reconocidas, Bromelioideae, Pitcairnioideae y Tillandsioideae, respectivamente. En Tillandsioideae, el tipo de apéndice de semilla plumosa se utiliza, junto con otros personajes como aves e insectos y hasta el viento, para ayudar a circunscribir los géneros. Por ejemplo, se caracteriza la *T. Catopsis*, un género de aproximadamente 20 especies por el notorio crecimiento de la flor, de igual manera en las especies que se estudia que son, la *Tillandsia latifolia* y *T. purpurea*, Leme et al., (2017).

La presencia de pelos o coma apical de pelos, en contraste con *Guzmania*, *Vriesea* y *Tillandsia*, donde las semillas tienen un coma basal de pelos. Barfuss et al., (2016), menciona que los pelos individuales, apicales o basales, que comprenden el coma plumoso de las semillas de Tillandsioideae son estructuras homólogas adicionalmente utilizaron microscopía electrónica y de luz de barrido para examinar los detalles del desarrollo del pelo de la semilla.

Chavez, (2017), mencionan que el crecimiento de las *Tillandsias* es apical y acomodándose siempre en sentido contrario a la dirección del viento marino, adoptando esta técnica para que puedan absorber la humedad de la brisa. “Como consecuencia de esta orientación uniforme que tiene el crecimiento de estas especies, probablemente debido al marcado hidrotropismo positivo que presentan. La humedad del aire es su única fuente de agua para sus necesidades fisiológicas” Espejo S. & López F., (2018).



El crecimiento de la vegetación en lomas costeras, al igual que en las otras ubicaciones, van a depender de los siguientes factores: 1) La humedad captada de las nubes advectivas que provienen del océano durante los meses de invierno, 2) Las condiciones topográficas y 3) El límite de la distribución del banco de semillas en el suelo Mondragón et al., (2015). Consecuente a estos factores también es importante su capacidad de resiliencia y adaptación en el caso de un trasplante o propagación de la especie en ciertos casos.

#### **2.3.6.4 Funciones generales**

Una de las características más emblemáticas de la especie de tillandsias es que han desarrollado la capacidad de absorber agua y nutrientes de tal manera que no implica su raíz, esta última solo la utilizan con sujetador. Presentan en sus pétalos o hojas estructuras epidérmicas llamadas tricomas y son estos por donde absorben el agua y nutrientes directamente del aire (Chávez et al., 2017a; Koch et al., 2019).

Bromelias atmosféricas, principalmente del género *Tillandsia*, dependen exclusivamente de un brote equipado con tricomas para la ganancia de carbono y minerales al igual que la obtención de humedad para su crecimiento Chávez Sahagún et al., (2017).

“El tricoma, entre otros, es un carácter anatómico con valor diagnóstico a la hora de identificar las especies. Los tricomas de estas especies analizadas constan de una o dos células basales, un pedicelo, compuesto por varias células apiladas y proyectadas hacia fuera y un "escudo" pluricelular. Vistas en proyección este "escudo" presenta una zona de células centrales dispuestas como hileras concéntricas y una porción periférica que constituye el "ala" compuesta por células extendidas” Granados Aguilar, (2016).

Estas células del escudo son las que absorben el agua del ambiente y los demás minerales, metales y aerosoles conduciéndolas a través de las células del pedicelo hacia el mesófilo. Algunas

plantas tienen los tricomas muy densos sobre la superficie de las hojas provoca una disposición imbricada de los escudos. Algunas partículas de aerosoles pueden quedarse retenidas entre estos escudos y no ser incorporadas a la planta Mendoza et al., (2017).

Las tillandsias. *Latifolia* forman flores esporádicamente y no llegan a formar frutos, tan solo una flor roja en su madures. Dentro del gremio Bromeliaceae Guzmán (2013), menciona que la familia presentan diferentes morfologías en la cual posibilita la vida sobre sustratos arbóreos, rocosos y terrestres. Según (Granados 2014; Espejo & López 2018) y las especies de bromeliáceas del género *Tillandsia* según su morfología pueden agruparse en cinco tipos:

1. Tipo tanque abierto, corresponde a las especies de hojas anchas y tallo corto, tiene la capacidad de almacenar agua y materia orgánica, por ejemplo *T. multicaulis* Steud. o *T. imperialis* E. Morren ex Roezl, entre otras.
2. Tipo tanque de almacenamiento moderado, está integrado por especies de hojas rígidas y estrechas que acumulan escasas cantidades de agua como *T. fasciculata*. Sw o *T. kirchhoffiana* Wittm.
3. Tipo escoba de no almacenamiento, las hojas de estas plantas son muy delgadas y lisas, casi incapaces de retener agua como en el caso de *T. juncea* Estrella-Parra et al., (2019)
4. Tipo atmosférico (“tillandsias grises”), comprende las plantas pequeñas cuyas hojas están densamente cubiertas de tricomas, como *T. usneoides* L.
5. Tipo bulboso mirmecofítico, la palabra alude a la presencia de hormigas en los pseudobulbos de plantas como *T. butzii* Mez.

#### **2.3.6.5 Morfología básica de la tillandsia**

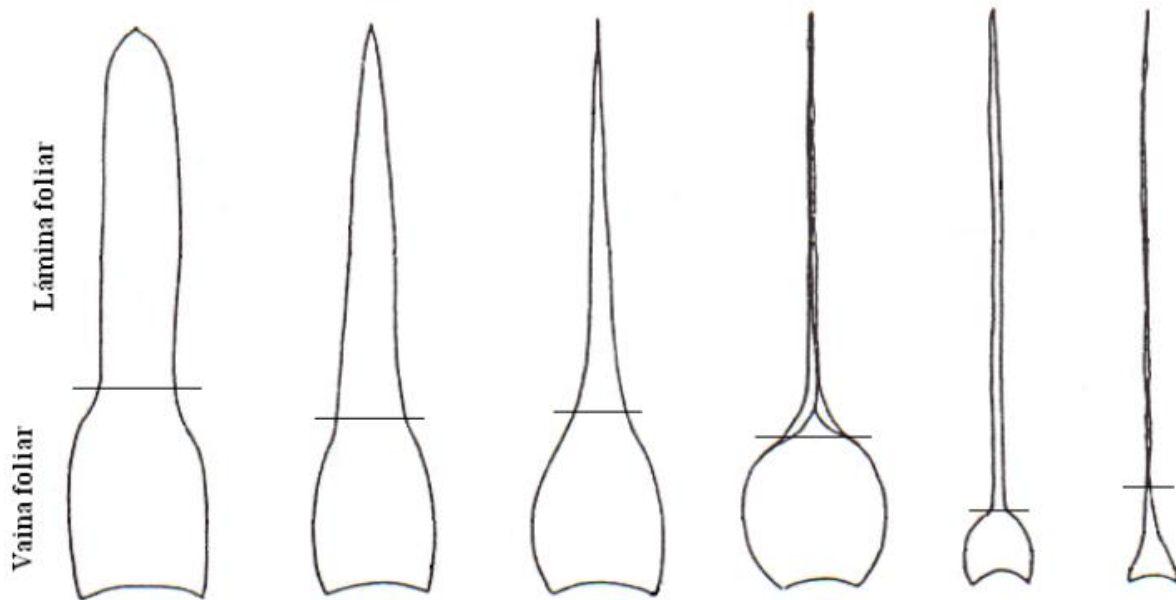
Mendoza (2014), en general la estructura de las plantas pertenecientes al género *Tillandsia* puede ser dividida en dos partes, compuesto por el cuerpo de la planta y el sistema radicular.

### a. Hojas

Están conformadas por dos partes principales: la vaina y la lámina. La vaina foliar es una estructura que protege y envuelve al tallo, aunque éste sea muy reducido.

El límite de la vaina foliar no igual en todas las especies, puede establecerse por cambios de coloración o textura en la transición de vaina a lámina foliar (Espejo-Serna & López-Ferrari, 2018). Sus hojas varían en forma, tamaño y textura.

En cuanto a su forma pueden ser liguladas, estrechamente triangulares y hasta filiformes. Las hojas de *Tillandsia* pueden variar desde las pequeñas como en *T. usneoides* hasta las más grandes observadas en las tillandsias tipo tanque.



*Figura 3.* Variación de las hojas de tillandsia y delimitación de la vaina y lámina foliar (tomado y morfológica modificado de Cach-Pérez et al., (2016).

### b. Tricomas

Solo con la ayuda del microscopio es posible distinguir su forma y características. Los tricomas tienen forma de sombrilla, además pueden poseer un ala y ser asimétricos o tener una

forma más o menos circular. Están formados por celular muertas organizadas en un disco central, anillo y ala concéntricos. El color de los tricomas varía según la especie y en conjunto proporcionan cierta textura y hacen las diferencias de texturas a la vista entre las especies Chávez et al., (2017).

Estas estructuras que sobresalen en la superficie de las hojas y que pueden tener distintas formas, como pelos, vesículas, espinas y escamas, desempeñan diversas funciones una de ellas retener el excedente de agua para que la planta este seca pero al mismo tiempo absorben sus nutrientes mediante un “tallo” de células vivas que están por debajo de la células muertas y van hacia el tejido de la hoja Chávez et al., (2017b).

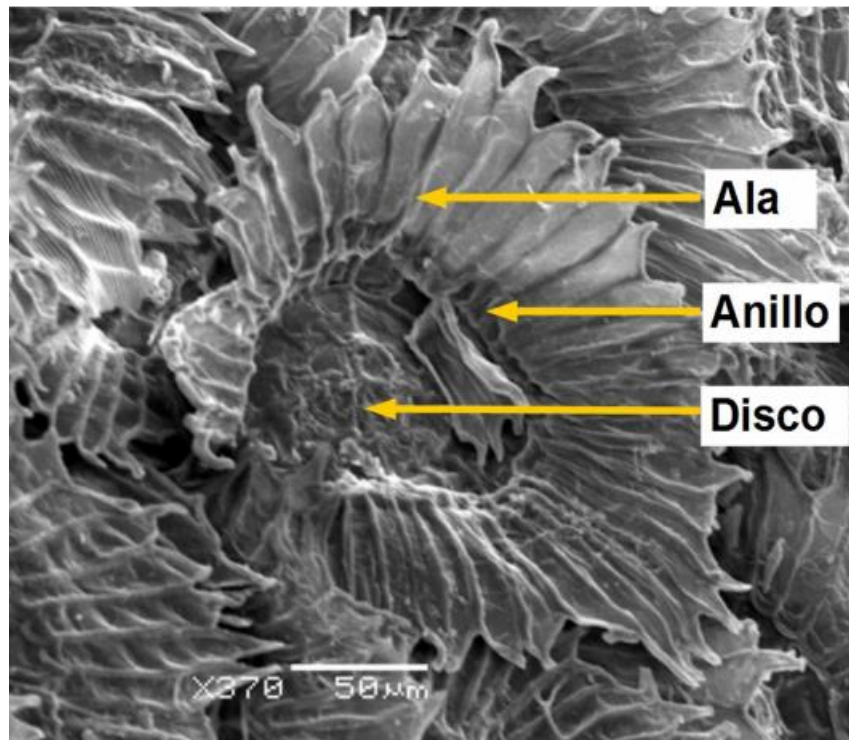


Figura 4. Tricoma foliar de bromeliáceas (observado en microscopio electrónico de barrido en el CICY por el Dr. Manuel Cach Pérez).

Es aquel pedúnculo como el soporte principal de una inflorescencia entera o una sola flor. El pedúnculo primario puede poseer brácteas denominadas brácteas del pedúnculo, pero no hojas. Según cada estación, las diversas especies de tillandsias florecen, por lo general una vez Granados, (2014).

### **c. Inflorescencia**

Las inflorescencias del género *Tillandsia* son las flores basales las primeras en madurar y finalmente las apicales Aponte et al., (2013). El eje de crecimiento de las inflorescencias puede ser erecto, curvo o péndulo. El tamaño de las inflorescencias puede variar mucho, así como la cantidad de flores que sostengan, dependiendo de la especie de la planta.

Cach-Pérez et al., (2016), clasifica a las inflorescencias en simples (Figura 3) y compuestas de acuerdo a si están o no ramificadas. Una inflorescencia simple no se encuentra ramificada o puede tratarse de una sola flor, como es el caso de *Tillandsia usneoides*, *T. recurvata* y *T. multicaulis*. Las inflorescencias compuestas se encuentran ramificadas al menos en un nivel, pueden ser bipinnadas, como en *T. fasciculata* o tripinadas como en *T. guatemalensis* y *T. gymnobotrya* Mendoza, (2014).

### **d. Pétalos**

Los pétalos son oblanceolados, glabros y libres, varían en tamaño y color. Cuando frescos pueden ser verdes amarillentos, blanco amarillentos, amarillos o violetas mientras en otras especies son grises.

### **e. Estambres**

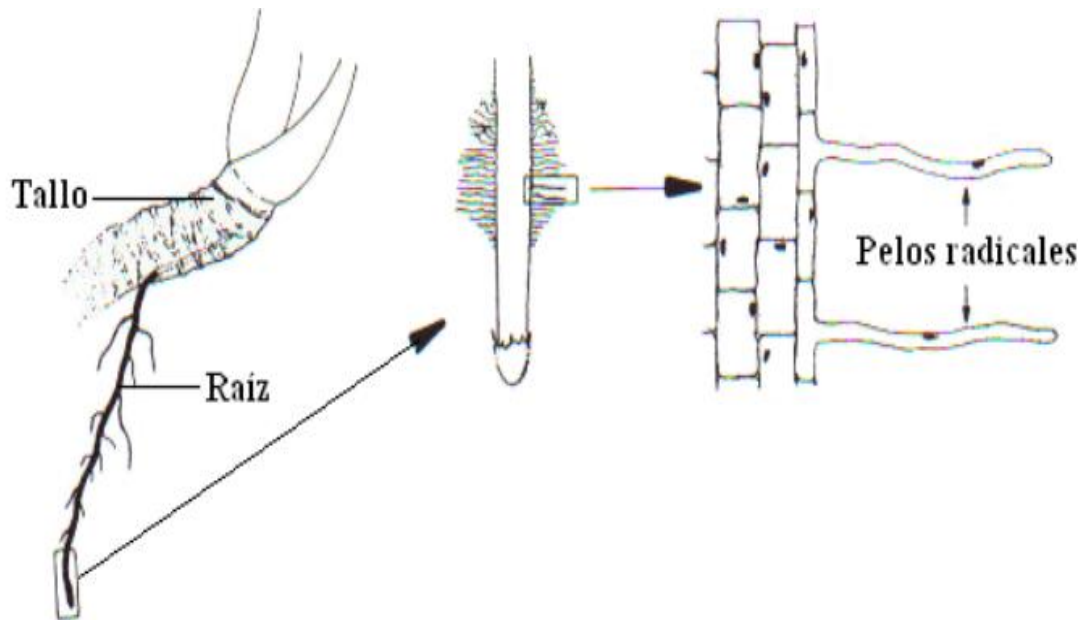
Mendoza (2014) menciona que “los estambres son siempre 6, pueden ser exertos o incluidos, su filamento puede o no estar engrosado en el ápice. Las anteras tienen dehiscencia longitudinal, son sub-basifijas y pueden variar en el tamaño dependiendo de la especie”.

### **f. Pistilo**

El ovario es siempre súpero, los carpelos se encuentran fusionados, parecidos a los de las puyas y el pistilo puede ser exerto o estar incluido (Barfuss et al., 2016; Sajo et al., 2004).

### **g. Sistema radicular**

Las raíces de las bromelias siempre son adventicias<sup>14</sup>, surgen del tallo en lugar de surgir de una raíz primaria principal. En algunos casos pueden desarrollarse pelos radicales como en las porciones jóvenes de raíces de tillandsias del tipo tanque. La función de los pelos radicales es incrementar la superficie de absorción del sistema radicular. Las plantas denominadas atmosféricas parecen haber perdido la capacidad de producirlos Mendoza, (2014).



*Figura 5.* Sistema radicular que surge del tallo con presencia de raíces y acercamiento de los pelos radicales (tomado de Mendoza (2014))

### **h. Raquis**

El raquis es el eje principal elongado de la inflorescencia compuesta, puede ser recto o flexuoso y poseer o no tricomas Chávez et al., (2017).

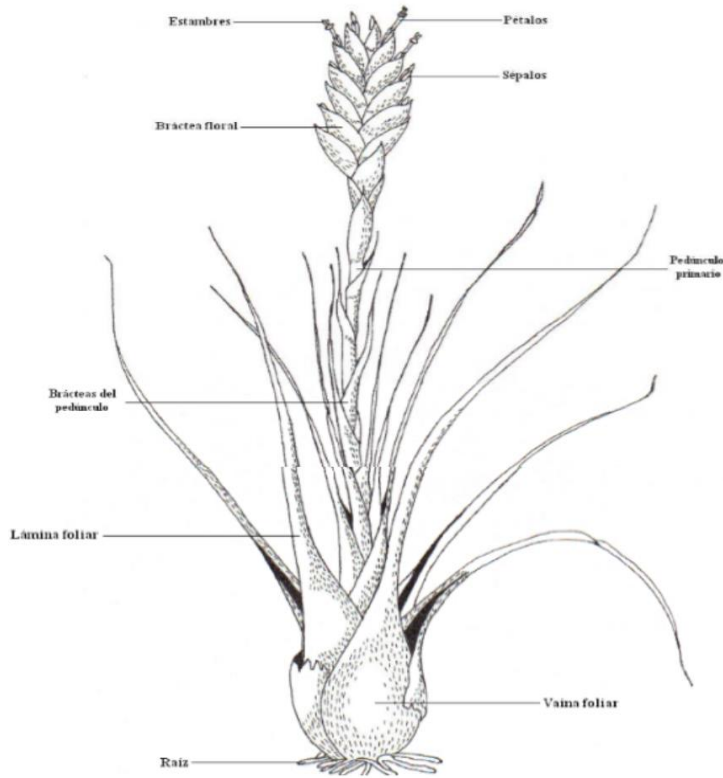


Figura 6. Eje principal de la inflorescencia (tomado de Mendoza, 2014))

#### 2.3.6.6 Especies de tillandsia seleccionadas para el estudio

La investigación se centró en dos especies de bromelias, *Tillandsia latifolia*, *T. purpurea*, quienes poseen características morfológicas diferentes (Figura 6), para verificar la estructura y variedad macroartrópodos en función del tamaño y morfología que tiene cada especie.

##### 2.3.6.6.1 *Tillandsia latifolia*

*Tillandsia latifolia*, es una especie de planta con tallo angosto que presenta hojas dispuestas de forma arrosetada de flores rojas igualmente arenícola. Rupícola rara vez epífita. Su distribución y densidad son limitados por el sustrato del suelo o donde están adheridas, las características ambientales y topográficas del lugar donde se encuentra. Aponte & Flores, (2013), vive aislada o asociada a *tillandsia purpurea* y *T. recurvata*.



#### 2.3.6.6.2 Tillandsia *Purpurea*

*Tillandsia purpurea* es una especie originaria del Perú, típica del desierto costero generalmente crece de 60-400 msnm, es arenícola, rupícola y epífita ubicados en los desiertos semi-desiertos y bases de las lomas, es una especie colonial de 40 cm de altura, tiene un aspecto áspero color blanquecino grisáceo, sus hojas tienen escamas no tan gruesas transparentes, cortas y anchas en la base Toledo Guzmán, (2020). Sus flores tienen de 4-6 espinas con 4-5 espiguillas de brácteas *purpureas* claras a rosado con ápices de color violeta a clara, flor blanca cremosa, olor a canela. Aponte & Flores, (2013), pueden vivir solas o asociadas a *T. latifolia* o *T. recurvata*.



**Tabla 2.**

*Características morfológicas de Tillandsia latifolia y T. purpurea*

Descripción	<i>Tillandsia latifolia</i>	<i>Tillandsia purpurea</i>
Fotografía		
Tamaño	15-55 cm de alto, las rosetas bulbosas, de 2.5-3.8 cm de diámetro en su parte más ancha.	25-45 cm de alto, las rosetas bulbosas, de 2.0-3.0 cm de diámetro en su parte más ancha.
Hojas	Láminas verdes, involutas, de 20-40 cm de largo, largamente filiformes, textura áspera y con presencia de pelos finos, 10-25 cm de ancho en la base.	Láminas verdes, más oscuras que tienden a gris en el haz, filamentosas, de 7-15 cm de largo, 9-17 cm de ancho en la base.
Inflorescencias	Terminales, erectas, compuestas, 2-pinnadas, con 5-17 espigas de 10-40 cm de largo, las más grandes, una flor rojiza.	Espigas fuertemente aplanadas, de 2-3 cm de ancho; brácteas florales color purpura o lila.

### **2.3.6.7 Importancia de las tillandsias**

Algunos autores mencionan que esta especie es beneficiosa para la salud, tiene propiedades medicinales para aliviar malestares del sistema nervioso, además de sus usos ancestrales para pimentar vestimentas.

Espejo-Serna & López-Ferrari, (2018), por lo general una parte de las Bromeliáceas sudamericanas son destinados para obtención de fibras de valor económica a partir de sus hojas como *Aechmea magdalenae* (André) Baker y *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez. Sustentado por Hill Albert Frederick en 1965 *Tillandsia usneoides* (L.) L., es utilizado como relleno de almohadas, monturas, para embalar y otros usos menores en los trópicos. Existen variedad de Bromeliáceas ornamentales por lo vistoso de su follaje o de las inflorescencias. En medicina popular las flores *Tillandsia recurvata* (L.) L. se toman en infusión contra dolores cardíacos, la decocción de las flores de *Tillandsia meridionalis* Baker se recomienda a las mujeres contra hemorragias de post parto y la decocción de un trozo de la inflorescencia de *Aechmea distichantha* Lem. Se bebe para curar úlceras (Louis Kwame Boamponsem, 2016a; Chávez et al., 2017a).

### **2.3.6.8 Características de la tillandsia**

Este género son especies que se nutren por las hojas su requerimiento de agua y nutrientes son mínimas y adquiridas del ambiente, su hoja está cubierta por tricomas que es lo que los permite adquirir sus nutrientes y al agua sus raíces son punto de fijación.

Es el género con mayor cantidad de especies y extensión geográfica a excepción de la Puya de Raimondi pueden ser epifitas o terrestre y variar de acuerdo a ello.

Las tillandsias del desierto son resistentes a escases de agua como algunos líquenes, su hábitat puede ser en la arena, tienen una exposición total a la superficie foliar son fáciles de observar por

su escama absorbente de propiedad útil para sobrevivencia de las hojas angostas y grises color debido a las escamas.

Algunas tillandsias sobreviven en zonas lluviosas sus características son de hojas anchas y poco escamosas se unen unas con otras para formar un recipiente de agua.

#### **2.3.6.9 *Ventajas como biomonitor***

- Conglomeración de contaminantes en el biomonitor es mayor y frecuente cuando aumente en el sistema que es monitoreado, debido a ello facilita la exactitud del muestreo y análisis cuando exista dificultada por otros métodos debido a muy bajos niveles de contaminantes presentes en la atmosfera.
- Disponible en todo el año para su uso y muestreo.
- Tolerancia a niveles relevantes de los agentes contaminantes respondiendo a ello.
- Aglomeración de elementos no influenciados por efectos de sinergia y/o mecanismos de regulación biológica.
- Capacidad de captación baja de elementos traza a monitorear.
- Facilidad de muestreo y registros de las concentraciones absorbidas por el biomonitor.

#### **2.3.7 Parámetros meteorológicos relacionados con la concentración**

Los parámetros meteorológicos como la dirección del viento, temperatura, humedad, precipitación y radiación solar mantienen una relación directamente con la concentración y dispersión de los contaminantes atmosféricos.

##### **2.3.7.1 *Viento***

La velocidad del viento condiciona la rapidez con la cual el agente contaminante se separa de la fuente de origen y la turbulencia atmosférica posibilitan los efectos de mezcla y dispersión de

los contaminantes. El contaminante al alcanzar mayores grados de dilución y acumulación cuando la turbulencia sea mayor; la dirección del viento condiciona el desplazamiento de los contaminantes.

#### **2.3.7.2 Temperatura**

Son determinantes de los movimientos de masas del aire por esta razón condicionan la estabilidad e inestabilidad atmosférica. Las variaciones verticales de temperatura pueden provocar la inversión térmica dificultando la dispersión de la contaminación, la presión parcial del oxígeno disminuye cuando la altitud es mayor provoca que la inhalación aumente dando lugar a la ingesta de un mayor número de partículas transmitidas por el aire.

#### **2.3.7.3 Precipitación**

La precipitación produce un efecto de lavado sobre la atmosfera al arrastrar partes de contaminantes al suelo en cualquiera de sus formas.

### **2.4 Marco conceptual**

- a. **Monitoreo:** es aquella observación sistemática y con amplia frecuencia de los parámetros de un medio ambiente vivo e inanimado de acuerdo a reglas predeterminadas González, (2018b).
- b. **Biomonitoreo:** es un conjunto de técnicas basadas en las posibles reacciones y grado de sensibilidad de distintos organismos vivos a diversas sustancias contaminantes presentes en el ambiente Blanco, ((2018).
- c. **Biomonitores:** son organismos que reacción a la polución y responden a la contaminación ambiental Espejo & López, (2018).
- d. **Bioindicadores:** son organismos o comunidades, cuyas funciones vitales se correlacionan estrechamente con determinados factores ambientales, ayudan a la identificación de

problemas ecológicos, en los cambios y tendencias en la calidad general del ecosistema y en la predicción de efectos en la naturaleza Valdivia & Ramírez, (2018).

- e. **Epifitas:** son plantas que crecen sobre otras plantas adheridas a los troncos y ramas de árboles (Chávez et al., 2017a; Espejo S. & López F., 2018).
- f. **Tillandsias:** es una especie epifita o terrestre conocida también como clavel de aire se caracteriza por no tener raíces y su capacidad de absorber agua y nutrientes Espejo-Serna and López-Ferrari, (2018).
- g. **Tricomas:** son estructuras que sobresalen en la superficie de las hojas y que pueden tener distintas formas, como pelos, vesículas, espinas entre otras y desempeñan diversas funciones Mendoza, (2014)
- h. **Elementos traza:** son aquellos elementos químicos que desempeñan un papel fisiológico fundamental presentan toxicidad (Guevara Torres, 2018; Alarcón, 2009).

### 3 CAPITULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

##### 3.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

Situada en el distrito de Lurigancho-Chosica el cual abarca un área de 236,5 km<sup>2</sup> perteneciente al departamento de Lima, las coordenadas geográficas de Chosica son latitud: -11,943°, longitud: -76,709°, y elevación: 1.219 m. (Figura 7).

Lurigancho tiene su centro principal, Chosica, que se encuentra ubicado al extremo este del distrito, además cuenta con otras áreas urbanas destacables esta zona cuenta con una importante Universidad Nacional de Educación la Universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle), en Jicamarca y Cajamarquilla se ubica una de las principales refinerías Zinc del país. En esta zona la investigadora Rauh en 1970 registro la existencia de la especie de *Tillandsias straminea* en las ruinas de Cajamarquilla, además, reportó a la especie *Tillandsia paleacea* en Cajamarquilla y la especie *T. Recurvata* y *T. Paleaceae* para Chosica. Ministerio del Ambiente, (2015).

##### 3.1.1 Geografía y clima de Lurigancho

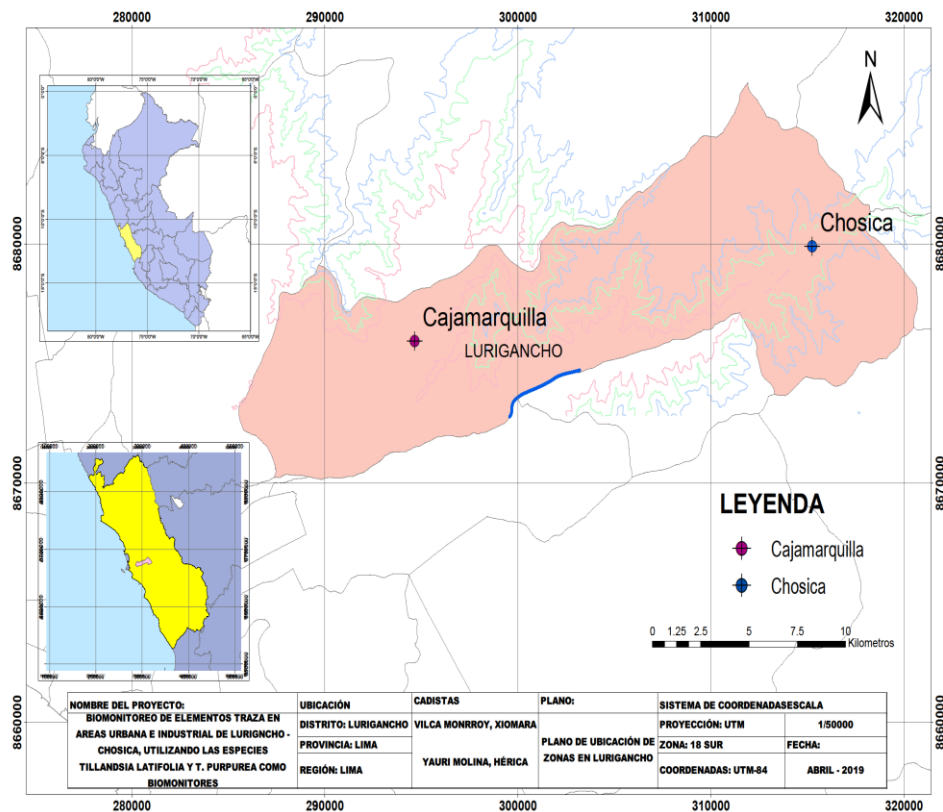
El clima de la zona de estudio del biomonitorio es tropical, soleado la mayor parte del año, la cercanía a la sierra hace que reciba entre los meses de diciembre a marzo lluvias esporádicas y leves. En Chosica, los veranos son caliente, áridos y nublados y los inviernos son largos, frescos y mayormente despejados. Así mismo la temperatura generalmente varía de 11°C a 25°C, en pocas ocasiones baja a 10°C o sube a más de 27°C.

La frecuencia de días mojados (aquellos con más de 1 milímetro de precipitación líquida o de un equivalente de líquido) no varía considerablemente según la estación, es inusual las lluvias. La frecuencia varía de 0% a 1%, y el valor promedio es 0%.

La humedad relativa es muy baja, sin embargo, existe presencia de neblina durante las madrugadas.

### 3.1.2 Vegetación

Chosica es considerada entre las zonas más interesantes y cómodas desde el punto de vista florístico. A pesar de ello se han realizado pocos estudios referentes a la vegetación que se desarrolla en ella. El parque Emilio del Solar esta rodeador de múltiples árboles. Sin embargo, en la zona industrial de Cajamarquilla presenta reducida vegetación.



*Figura 7.* Mapa de zonas elegidas para el trasplante de biomonitores tillandsias del distrito Lurigancho.

### 3.1.3 Zona urbana

La primera ubicación de la zona urbana tiene un acceso a la plaza de armas de Chosica. La zona urbana (ZU) es a la altura del Km 31+950 de la Carretera Central perteneciente a la Ruta Nacional PE-22, ingresando 10.0 metros hacia la izquierda en las coordenadas (315100E; 8679624N hasta 315599E; 86800256N) ver figura 8.

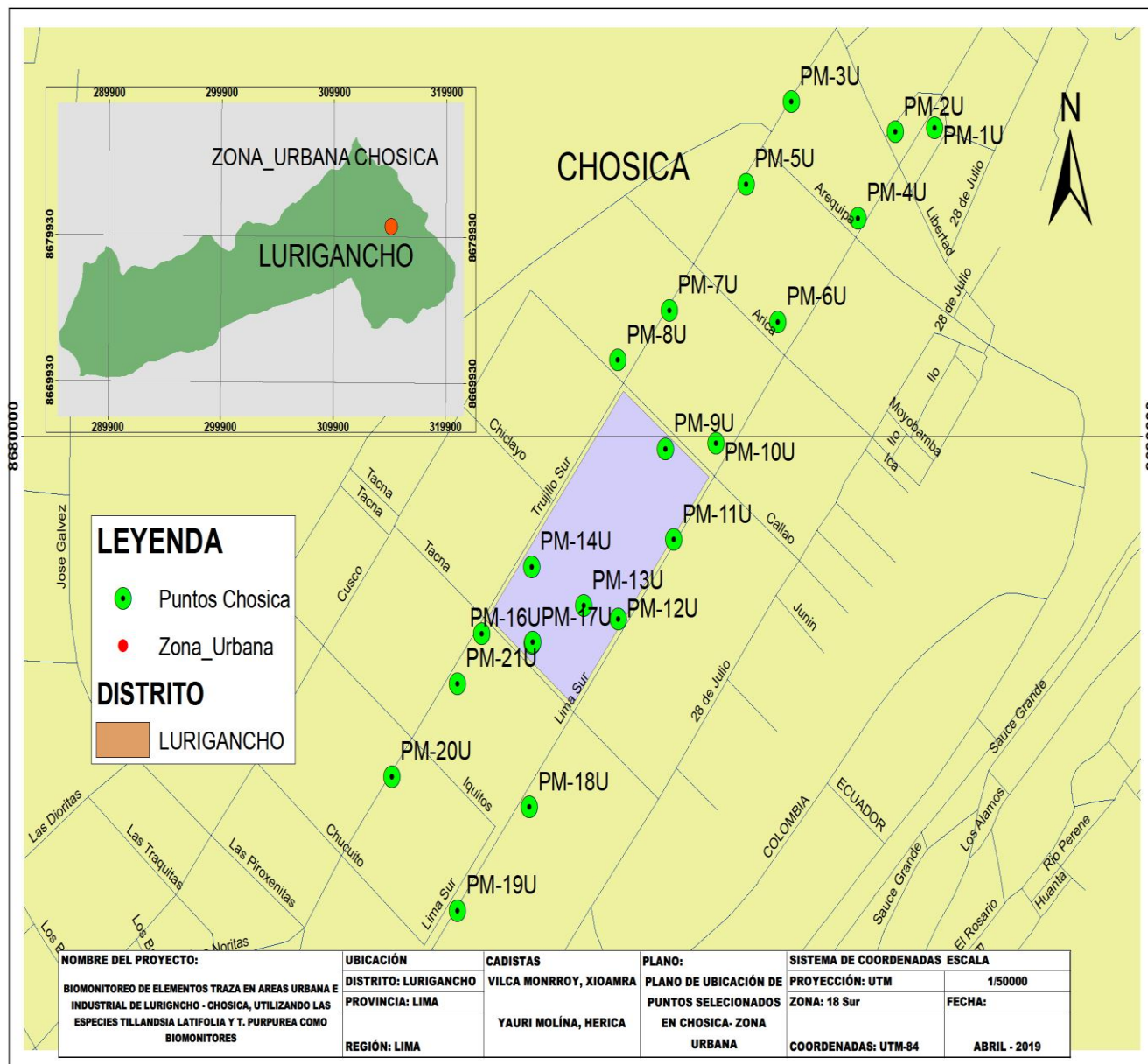


Figura 8. Zona urbana (ZU) puntos de monitoreo ubicada en Chosica.



**Tabla 3.**  
*Puntos de monitoreo zona urbana Lurigancho-Chosica.*

Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM		Referencia
	Este	Norte	
PM-1U	315601.194	8680254.679	Al costado de la central de video vigilancia del parque Echenique, aledaño a chiferías y pollerías.
PM-2U	315558.187	8680251.097	Frente al gimnasio, en Av. Trujillo Sur.
PM-3U	315444.925	8680276.033	A unos metros de una chifería, en Av. Trujillo Sur.
PM-4U	315517.772	8680179.865	Esquina de Jr. Arequipa. Alta congestión vehicular.
PM-5U	315395.594	8680208.065	Oficina administrativa del Hospital José A. Tello en Av. Trujillo Sur.
PM-6U	315430.424	8680094.149	Presencia de restaurantes y congestión vehicular en Av. Lima sur con Arica.
PM-7U	315311.991	8680103.749	Alta congestión vehicular en Av. Trujillo Sur.
PM-8U	315256.324	8680062.661	Jr. Callao, congestión vehicular en Av. Trujillo Sur.
PM-9U	315307.971	8679989.410	Paradero de motos y aglomera miento vehicular
PM-10U	315362.773	8679993.802	Alta congestión vehicular en Av. Lima sur con Callao.
PM-11U	315317.144	8679914.609	Alta congestión vehicular en Av. Lima sur. Presente varios restaurantes grandes.
PM-12U	315256.724	8679849.154	Alta congestión vehicular en Av. Lima sur. Presente varios restaurantes grandes.
PM-13U	315219.075	8679860.171	Punto ubicado en el medio del parque Emilio del Solar.
PM-14U	315162.416	8679892.089	Punto ubicado frente a la Municipalidad de Lurigancho
PM-15U	315108.106	8679836.996	Esquina de Jr. Tacna con Av. Trujillo Sur
PM-16U	315163.000	8679829.000	Ubicado en medio del parque altura de Jr. Tacna
PM-17U	315163.341	8679829.960	Alta congestión vehicular, paradero de autos en Av. Lima sur con Jr. Tacna
PM-18U	315159.998	8679694.053	Alta congestión vehicular, en Av. Lima sur con Jr. Iquitos
PM-19U	315081.730	8679608.391	Alta congestión vehicular, en Av. Lima sur con Jr. Chuquito
PM-20U	315010.000	8679719.000	Baja congestión vehicular, en Av. Trujillo
PM-21U	315081.489	8679795.717	Baja congestión vehicular, en Av. Trujillo con Jr. Iquitos

### 3.1.4 Zona industrial

La zona industrial (ZI) está ubicada a la altura del Km 27+950 de la Carretera Central perteneciente a la Ruta Nacional PE-22, tiene acceso desde la ciudad de Chosica a la zona de estudio tomando la carretera central hasta Huachipa y luego se desvía hacia la florida de Cajamarquilla; hacia la derecha en las coordenadas (294137E; 8675318N hasta 294095E; 86760032N) ver Figura 9.

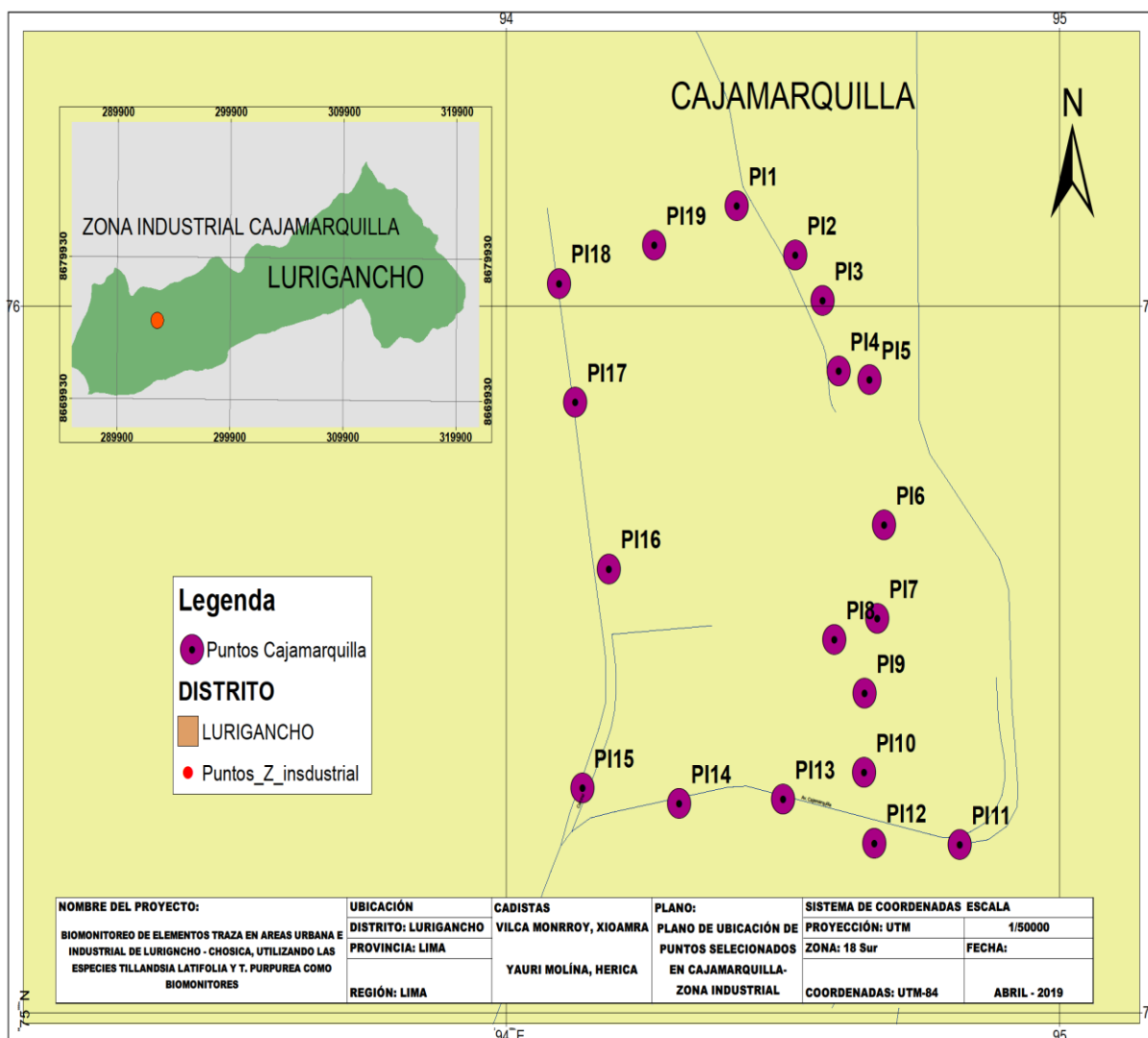


Figura 9. Zona industrial (ZI), puntos de monitoreo ubicado en Cajamarquilla.

**Tabla 4.***Puntos de monitoreo zona industrial Lurigancho-Cajamarquilla.*

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Coordenadas UTM</b>		<b>Referencia</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	
PI1	294416.00	8676142.00	Ubicado en la esquina de Refinería
PI2	294522.00	8676072.00	NEXSA dedicado a producción de Zinc refinado y derivados y frente empresa
PI3	294571.00	8676008.00	chancadora de silicio
PI4	294600.00	8675908.00	Frente a la empresa Grupo silvestre dedicado al rubro comercialización y
PI5	294656.00	8675896.00	distribución de (Agroquímicos)
PI6	294682.00	8675690.00	Chanchería
PI7	294670.00	8675558.00	
PI8	294592.00	8675528.00	
PI9	294647.00	8675452.00	Compañía minera Doña Gloria SAC
PI10	294646.00	8675340.00	Empresa RHINO dedicada fabricación de ladrillos
PI11	294819.00	8675238.00	
PI12	294665.00	8675240.00	Empresa de fertilizantes (anónimo)
PI13	294500.00	8675302.00	Taller mecánico
PI14	294312.00	8675296.00	Empresa chancadora de silicio
PI15	294137.00	8675318.00	Depósito de la empresa Mimaskot
PI16	294185.00	8675628.00	Empresa FITESA rubro textil
PI17	294124.00	8675864.00	Empresa cafetalera ROMEX
			Almacén Choice de alimentos y bebidas
PI18	294095.00	8676032.00	Perú y taller mecánico
PI19	294267.00	8676086.00	Almacén de Votorantin metáis.

### 3.2 Tipo de investigación

De campo, experimental y prospectivo

1. **Campo:** se estudió la presencia de 18 elementos traza en la atmosfera en las zonas de estudio, realizando un monitoreo en los puntos de trasplante.
2. **Experimental:** se realizaron procedimientos físicos a los biomonitores y análisis químico a las muestras obtenidas para determinar la concentración de los elementos traza presentes en las zonas de muestreo.
3. **Transversal:** debido a que la investigación se llevó a cabo durante un periodo de tiempo determinado.
4. **Prospectivo:** se marcó un precedente en contribución al distrito de Lurigancho para futuras investigaciones con información científica actual para un monitoreo atmosférico continuo en las zonas de interés.

El estudio consistió en la ejecución del biomonitoreo atmosférico usando como biomonitores las especies de Tillandsias *latifolia* y *T. purpurea*, se dejaron dos muestras testigo de cada especie y las demás muestras, fueron expuestas en la zonas urbana e industrial como puntos de monitoreo.

### 3.3 Diseño de la investigación

**Diseño general:** cuasi experimental

**Diseño específico:** cuasi experimental con dos grupos no equivalentes, con pretest y pos-test

$$\begin{array}{ccccc} GE: & 0_1 & X & 0_2 & Y \\ GC: & 0_3 & & 0_4 & VD \end{array}$$

**Donde:**

**GE:** grupo experimental (especies tillandsia)

**GC:** grupo de control (especie tillandsia zona testigo) muestras control

**0<sub>1</sub> y 0<sub>3</sub>:** pretest (transplante de tillandsia)

**0<sub>2</sub> y 0<sub>4</sub>:** post test (recolecta de biomonitores expuestos durante 3 meses)

**X:** manipulación de las variables independiente

**Y:** biomonitores (tipo de especies)

**VD:** concentración de elementos traza

### **3.3.1 Identificación de variables**

#### **a. Variable dependiente**

- Temperatura, humedad, dirección del viento y precipitación
- Biomonitores tillandsia (*latifolia* y *purpurea*), capacidad de acumulación de cada especie de elementos traza

#### **b. Variable independiente**

- Periodo de exposición de biomonitores
- Masa de cada muestra por especie

### 3.4 Materiales y equipos

#### 3.4.1 Materiales

Los materiales utilizados durante el proceso de tesis son los siguientes:

**Tabla 5.**

*Materiales para pre y post biomonitorio en las zonas urbana e industrial.*

Item	Materiales y equipos	Cantidad
1	Libreta de campo	2
2	Lapiceros	2
3	Plumón de tinta indelible	2
4	GPS	1
5	Cámara fotográfica	1
6	Soga	2
7	Báculo largo	2
8	Hilo nylon	3
9	Tijera	2
10	Oz	2
11	Lentes de seguridad	2
12	Guardapolvo	2
13	Bolsas de polietileno	10
14	Cajas de cartón	4
15	Cinta de embalaje	2

**Tabla 6.****Materiales y equipos de laboratorio**

Ítem	Materiales y equipos	Cantidad
1	Mufla	1
2	Estufa	1
3	Molino de hojas	1
4	Tamiz ASTM (180, 125 Y 90 µm)	1 de cada uno
5	Secador de bandeja con aire forzado	1
6	Campana desecadora	2
7	Pinza de madera	1
8	Balanza analítica	1
9	Crisol	6
10	Cucharita metálica	2
11	Agua destilada	10 L.
12	Mortero	2
13	Piseta	2
14	IPC-MS	1
15	Tubos de centrifuga falcón de 50 ml.	150
16	Papel aluminio	5

### 3.5 Procedimientos

#### 3.5.1 Descripción del flujograma

##### 3.5.1.1 Pre-monitoreo

###### 3.5.1.1.1 Ubicación de zonas testigo.

Dos áreas relativamente no contaminadas fueron identificadas, seleccionadas para la recolección de las especies de Tillandsias como biomonitores en nuestra investigación; la primera zona testigo fue San Gerónimo de Surco y la segunda en Cañete.

El tillandsial de la *T. purpurea*, está ubicado en la parte alta del valle de una loma de suelo rocoso arenoso costa central del Perú, donde el clima es árido con escasa precipitación pluvial teniendo la estación templada y húmeda con veranos de días cálidos, el suelo es de material más fino y homogéneo predominando así la arena fina y el limo; pertenece a suelos aluviales (luvisoles-FAO) de textura franco a franco arenoso, la tillandsia crece se reproduce en el suelo, Toledo Guzmán, (2020)

Asimismo el tillandsial del *latifolia*, se encuentra aledaña a la quebrada, es una zona templada húmeda con invierno seco y verano templado esto según Koopen, está cercano a una microcuenca generalmente esto nos da indicio que tiene un tipo de suelo con textura que varía de franco arenoso a franco fino con drenaje natural, el color varia de pardo oscuro a pardo amarillento oscuro en todo el tillandsial este tipo de suelo pertenece al grupo de los regosoles Aponte & Flores, (2013).

#### 3.5.1.1.2 Selección del biomonitor.

Según el protocolo para la herborización OSINFOR, (2013): menciona que la colección y preservado de ejemplares botánicos en procesos de supervisión forestal, para la identificación de una especie se refiere al proceso de la confirmación del nombre científico determinada especie. A continuación se describe el proceso de colección de ejemplares de Tillandsias durante los procesos de selección, se adquirió información bibliográfica, se identificaron dos biomonitores en dos zonas diferentes la especie uno que es Tillandsia *latifolia*, ubicado en distrito San Gerónimo de Surco latitud -11°.891227 y longitud -79.440146 ubicadas en copas de los árboles de tara de un tillandsial y la especie dos Tillandsia provincia de Cañete a latitud -13.076088 y longitud -76.240059 ubicadas en las lomas.

#### 3.5.1.1.3 Método de colecta

Se identificaron las zonas testigos y los biomonitores a partir del mes de marzo. El trabajo de campo se realizó en dos etapas: La primera colecta del biomonitor de las dos especies de Tillandsia *latifolia* se realizó durante la época cálida-húmeda del mes de marzo del 2019 en San Gerónimo de Surco. La segunda colecta del biomonitor Tillandsia *purpurea*, se realizó durante la temporada cálida- seca, del mes de marzo del mismo año en Cañete. Se ascendió a los árboles mediante el uso de una cuerda, guantes y osa como lo sugiere Einzmann et al., (2015)(Perry, 1978). Se eligieron treinta árboles maduros que aproximadamente cumplan de 2.5 a 3 m con mayor cantidad de las



especies, para las colectas de las temporadas cálida-húmeda, en cada árbol se colectó entre dos a cuatro especies aproximadamente.

Para la colecta en Cañete durante la temporada cálida-seca del mismo mes y año, donde el tillandsial fue ubicado en las lomas de arena, donde no fue necesario el uso de cuerdas o equipo para trepar.

Cada individuo de especie de tillandsias se introdujo en una bolsa de plástico etiquetada, sellada para evitar contaminación o pérdida de masa y resguardadas en cajas para su transporte hacia el laboratorio de la UPeU.

Se colectaron un total de 82 especies del género *Tillandsia* de las cuales se identificaron 41 individuos de cada especie. Todas las plantas fueron maduras.

#### 3.5.1.1.4 Limpieza, lavado, secado y pesado de las especies de *Tillandsia*.

Una vez colectadas las 41 muestras de *Tillandsia latifolia* y 41 muestras de *Tillandsia purpurea*, se procedió de la siguiente manera:

Se realizó una limpieza con pinceles de diferentes tamaños con la finalidad de eliminar polvo, restos de tela de araña y otros elementos como lo recomienda, Louis Kwame Boamponsem, (2016b)

Luego se procede con el lavado superficial con una piseta de agua destilada, se realizó estos dos procesos para que las especies recolectadas estén descontaminadas antes del trasplante. Se llevó a secar a temperatura ambiente en una tela estéril durante 10 horas. Pesamos individualmente cada muestra y se colocaron en las mallas de colores (rojo, blanco) por especie.

#### *3.5.1.1.5 Ubicación de puntos de muestreo*

Se ejecutó un recorrido a pie y se observaron las posibles fuentes de contaminación en las dos zonas del distrito de Lurigancho. En la zona urbana se seleccionó los árboles con altura de 3-9 metros y se ubicaron a una distancia de 100 m aproximadamente para el trasplante del biomonitor.

En la zona industrial se seleccionó árboles, paredes, fierros de construcción y rocas esto debido a la escasez de árboles, con la ayuda del GPS se registraron cada punto de monitoreo y se tomaron apuntes en la libreta de campo.

En gabinete se trasladaron los datos a una hoja de cálculo Excel y procesarlos con la ayuda del ArcGIS. Se obtendrán dos mapas de puntos de monitoreo.

#### *3.5.1.1.6 Transplante.*

Se transportó las especies en cajas de cartón separados por zonas (ZU y ZI) etiquetadas con el formato 01 de Datos recolectados, Los biomonitores se colocaron fijados a los troncos y ramas con hilo nylon a una altura de 2.5 a 3 metros, con la finalidad de darle las condiciones necesarias para su desarrollo; para ello se utilizó las herramientas como: báculo, maya, hilo nylon, tijera; en cada punto se rotuló con una etiqueta, se repitió este procedimiento para el resto de los puntos en cada zona de estudio.

### **3.5.1.2 Monitoreo**

#### *3.5.1.2.1 Monitoreo y control.*

El control de los biomonitores se realizó cada 7 días durante 3 meses, mediante el formato 01, se registró datos como: fecha, encargado del biomonitoreo, condiciones climáticas ambientales y cambios físicos de los biomonitores por cada zona a monitorear y otras observaciones en el Anexo 2.

#### 3.5.1.2.2 Recolección total de los puntos de monitoreo.

Después del periodo establecido para el monitoreo y control se procedió con la recolección total de cada especie de *Tillandsia*. La primera recolección se efectuó en la ZU y luego en la ZI. Se comenzó a recolectar ordenadamente desde el primer punto, consecutivamente hasta el último punto; para ello se necesitaron dos cajas grandes de cartón para cada zona debidamente etiquetada, mallas de dos colores y bolsas para almacenar cada especie debidamente etiquetada con un plumón indeleble, un báculo largo para retirar las especies altas. (Figura 10).

Datos de recolecta	<i>Tillandsia latifolia</i>	<i>Tillandsia purpurea</i>
Punto:		
Fecha:		
Responsable:		
Observación:		

Figura 10. Etiqueta utilizada para los biomonitores recolectados

#### *3.5.1.2.3 Transporte a laboratorio.*

Fueron transportados en dos tiempos: primero de la zona urbana y posteriormente la zona industrial y resguardados para el respectivo proceso físico en el laboratorio CITAL de la UPeU

#### *3.5.1.3 Post monitoreo*

##### *3.5.1.3.1 Pretratamiento físico en laboratorio CITAL-UPeU*

El pre tratamiento se realizó en el laboratorio interno de la UPeU-CITAL, cada especie de tillandsias se procesó de forma individual, donde se analizó la posible relación entre las características morfológicas, se registró el diámetro (en la parte más ancha de la roseta) y altura de la roseta (desde la base de la planta hasta la punta de la hoja más larga), además se efectuó una limpieza y lavado superficial con H<sub>2</sub>O destilada y secado a temperatura ambiente dentro del laboratorio por 5 horas, transcurrido el tiempo se procedió a desojar hoja por hoja cada especie en una bandeja de papel aluminio previamente rotulado, teniendo en cuenta los puntos y especies por zona.

Se apuntó en el formato 02 (Ver anexo C), el peso de cada especie utilizando la balanza analítica antes y después del secado; se utilizó la estufa y el secador de bandeja con aire forzado para el secado a T 60 °C por 72 horas, registrando en libreta de apuntes.

Inmediatamente se tritura con la ayuda de un mortero y pistilo de porcelana para obtener fragmentos pequeños (menor a 1cm) y homogéneos.

Colocar cada muestra molida en una superficie de papel aluminio tipo “bandeja” debidamente rotulada para evitar desorden y contaminación cruzada, además se recomienda utilizar guantes de nitrilo.

Moler individualmente cada muestra con la ayuda de un molino de hojas, después de cada molienda realizar una limpieza el equipo y área para no contaminar la siguiente muestra.

Tamizar individualmente con un tamizador de 0.25 ( $\mu\text{m}$ ).

Nuevamente se anotó el peso en la balanza analítica para la homogenización de las muestras, se tomó de referencia el peso de la muestra menor y se anotó en el formato 3 (Anexo C)

Finalmente se almacenaron en tubos de centrifuga falcón debidamente rotulado, registrado en la libreta de apuntes y almacenados en un cooler para su posterior análisis químico.

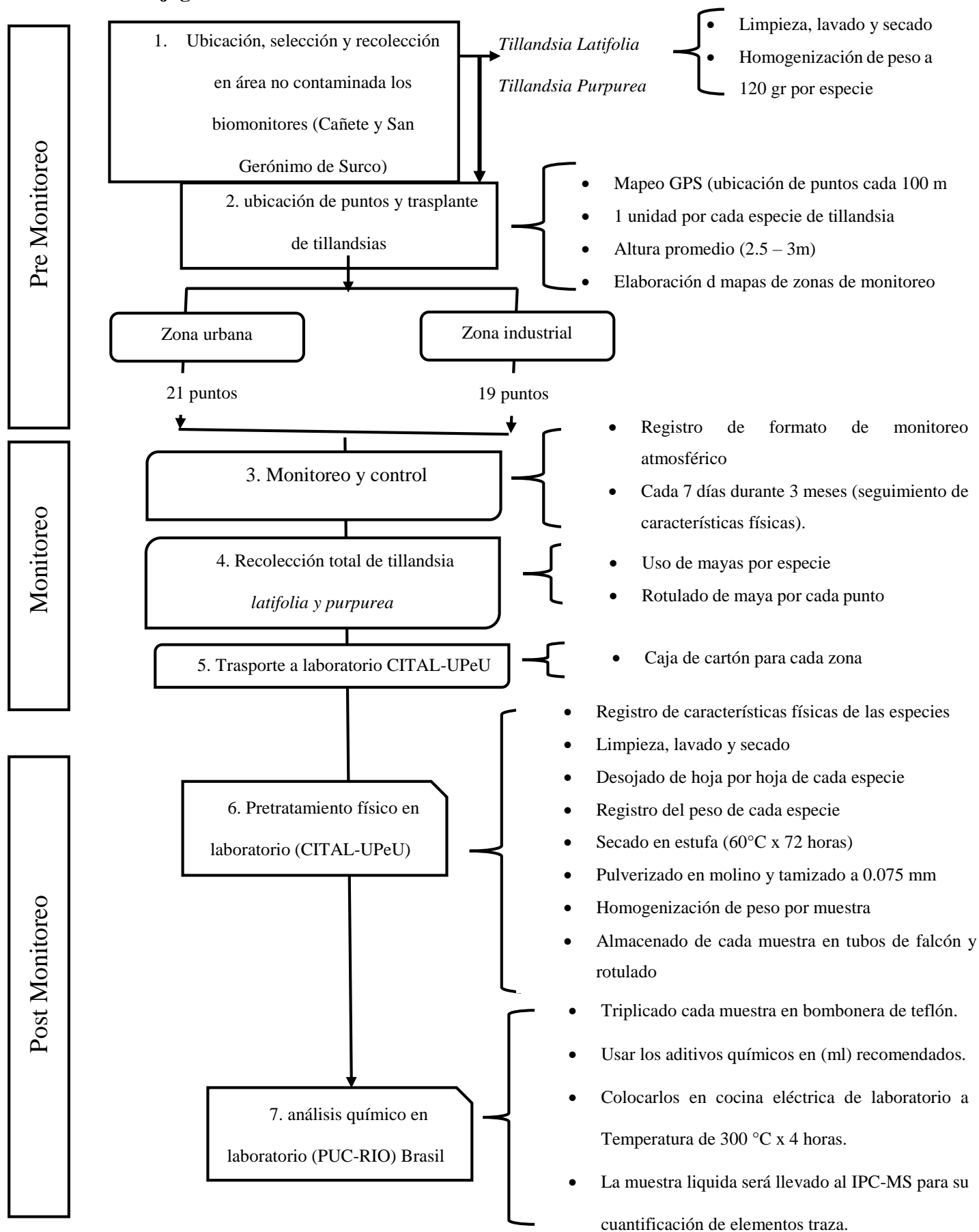
#### *3.5.1.3.2 Análisis químico laboratorio*

Se analizó en el laboratorio interno del departamento de química de la Pontificia Universidad Católica De Rio De Janeiro (PUC-RIO). Cada muestra se pesó por duplicado de  $250 \pm 1$  mg de peso seco (DW), con una balanza digital y se colocó bomboneras de teflón Savillex.

Se calentó en una estufa eléctrica de laboratorio a una temperatura de  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 4 horas.

Se agregó 3ml  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) bidestilado (65%) para la lixiviación luego se agregó 0.5 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (peróxido de hidrógeno) con la finalidad de eliminar restos de grasa y lixiviación final. La descomposición química se realizó en placa calefactora durante 4 horas  $300^{\circ}\text{C}$  después de la descomposición. Al retirar las bomboneras de teflón de la estufa eléctrica se destapó sus tapas, se dejó enfriar a temperatura ambiente, las muestras se transfirieron a un tubo Falcón de 50 ml y se diluyeron a 20 ml usando agua Milli-Q con  $\text{HNO}_3$  al 2% y rodio como estándar interno.

### 3.5.2 Flujograma



### 3.5.3 Determinación de elementos principales y traza

Se pesó un triplicado de cada muestra de  $250 \pm 1$  mg de peso seco (DW) con una balanza digital y se colocó en una botella de teflón Savillex con 3 ml de  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) bidestilado (65%) y 0,5 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (peróxido de hidrogeno). La descomposición química se realizó en placa calefactora durante 4 horas a  $300^\circ\text{C}$ . Después de la descomposición, las muestras se transfirieron a un tubo Falcón de 50 ml y se diluyeron a 20 ml usando agua Milli-Q con  $\text{HNO}_3$  al 2% y rodio como estándar interno. Los elementos principales y traza se cuantificaron mediante una espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) Elan DRC II (Perkin Elmer SCIEX, Norwalk, CT, EE. UU.). El aseguramiento de la calidad y la trazabilidad de la medición se aseguró midiendo dos materiales de referencia certificados (CRM): SRM 1515 “Hojas de manzana” y SRM 1573 “Hojas de tomate”, ambos publicados por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Igualmente, Se analizaron muestras por triplicado de CRM y muestras en blanco en paralelo a las muestras. Todos los elementos certificados presentan recuperaciones satisfactorias en el rango del 80% al 108%.

### 3.5.4 Razones de exposición a la línea de base (razones EB)

Las razones de exposición a la línea de base (EB) se calcularon como la razón de la medición de la concentración de las muestras expuestas a la concentración medida en las muestras de la línea de base ( $T_0$ ) según lo sugerido por Frati y col., (2005). Los valores de las razones de EB se interpretaron a través de una escala de 5 clases: pérdida severa (SL: 0-0,25), pérdida (L: 0,25-0,75), normal (N: 0,75-1,25), acumulación (A: 1,25-1,75). y acumulación severa (SA: > 1,75).

Posteriormente los análisis fueron realizados por el software Rstudio.

### **3.6 Análisis de datos estadísticos**

#### **3.6.1 Análisis de varianza ANOVA**

Este método prueba las hipótesis de las medias de dos o más poblaciones son iguales; los datos fueron testados para asumir la distribución de normalidad empleando el análisis de variancia ANOVA de una vía se observó significantes diferencias entre medias consideradas las variables en cada lugar diferente de muestreo (ZU y ZI), y la posterior prueba de Tukey post-hoc con un intervalo de confianza del 95% para determinar la diferencia entre las concentraciones de oligoelementos entre las áreas de estudio y las especies de *Tillandsia* trasplantadas y por último la correlación de los cuatro biomonitores. Todo el tratamiento y las estadísticas se realizaron en el software libre CRAN R versión 3.2.6 R Team Core, (2019), y cuando la hipótesis nula  $H_0$  sea rechazada ( $p\text{-value} < 0.05$ ), se aplicará un análisis de post-hoc *Tukey test* para investigar las diferencias entre los pares de las medias (*Least Significant Difference*, LSD).

#### **3.6.2 Análisis de componentes principales (ACP)**

El método estadístico ACP es utilizado para visualizar datos complejos a través de reducción de la dimensión. Con su aplicación es posible hacer un análisis exploratorio de los datos, así como también crear modelos de predicción Garcia & Filzmoser, (2011). Un alto número de variables en los datos multivariados usualmente lleva a tres principales problemas:

1. Representación gráfica de los datos no es posible para más que 3 variables.
2. Alta correlación entre las variables hace imposible aplicar muchos métodos estadísticos.
3. Muchas variables usualmente contienen poca información.



Asimismo, tiene la capacidad de eludir todos los problemas transformando las variables originales (variables correlacionadas) a un subgrupo de variables no correlacionadas, llamadas de componentes principales (CP), para luego ser usados por otros métodos. Los CP con mayor concentración de información forman datos dimensionales menores que pueden ser visualizados gráficamente.

## **4 CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Rosa de viento**

El SENAEMI brindó información en esta investigación otorgando datos meteorológicos de velocidad de viento, precipitación, dirección del viento y temperatura de las estaciones meteorológicas ubicadas en Huachipa y Ñaña las cuales permitieron registrar el comportamiento de las condiciones atmosféricas de forma representativa para las estaciones de monitoreo.

Como se aprecia en la figura 11 – Rosa de vientos, se registró una predominancia de los vientos provenientes de la dirección Sur Oeste (SO) y del Sur (S) la figura 12 de la estación Huachipa, presentando una velocidad promedio de 1.26 m/s el aire es muy ligero mientras que en la estación Ñaña predominan los vientos provenientes del Oeste Suroeste (OSO), del Suroeste (SO) la velocidad del viento promedio es de 1.85 m/s reflejando una brisa ligera en general.

Con el fin de establecer la dirección y grado de dispersión de los contaminantes en la atmósfera se analizó los datos mediante el software WRPLOT View y se determinó que la dirección de los vientos durante los meses de abril a junio existe mayor predominancia en el caso de la zona industrial los vientos se dirigen hacia el Este Noreste (ENE) y Noreste (NE); mientras que los vientos de la zona urbana van hacia el Noreste (NE).

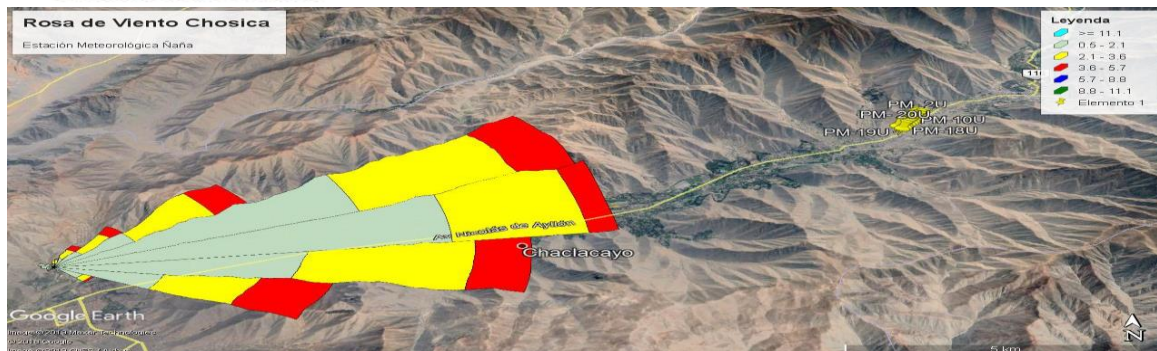
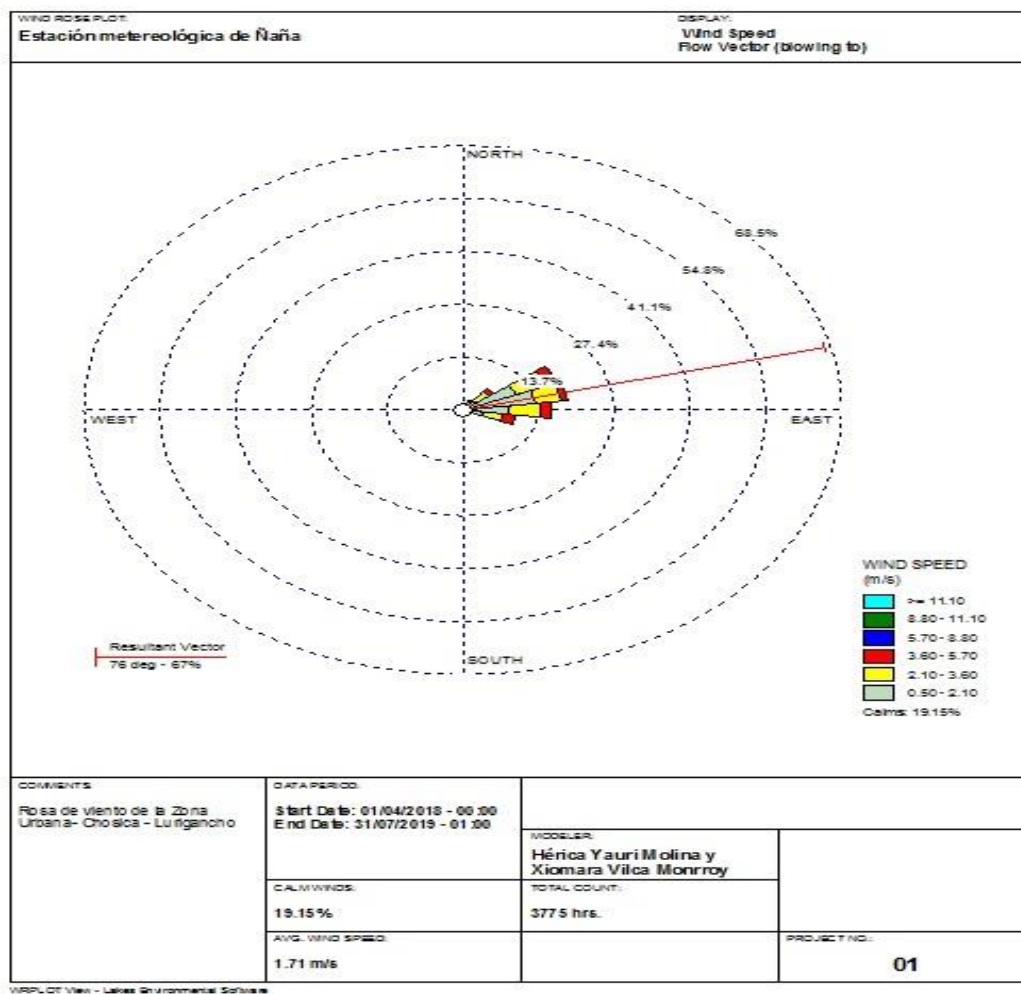


Figura 11: Rosa de viento de la Estación Meteorológica Chosica.

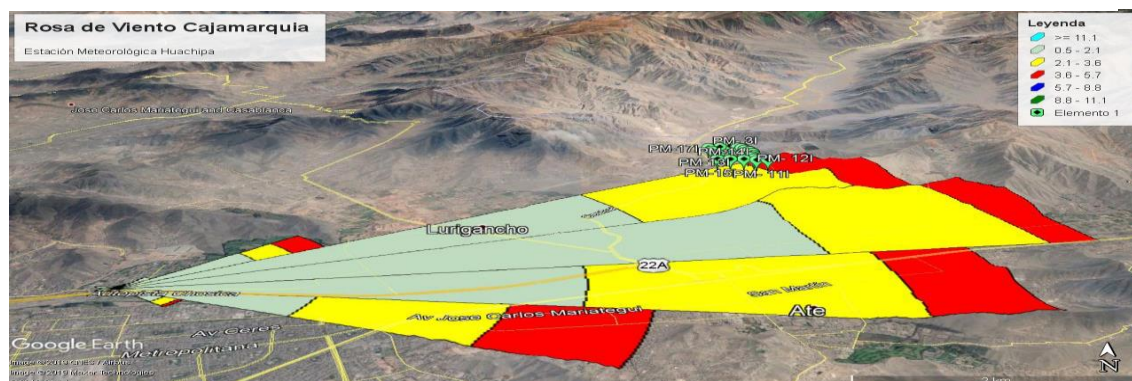
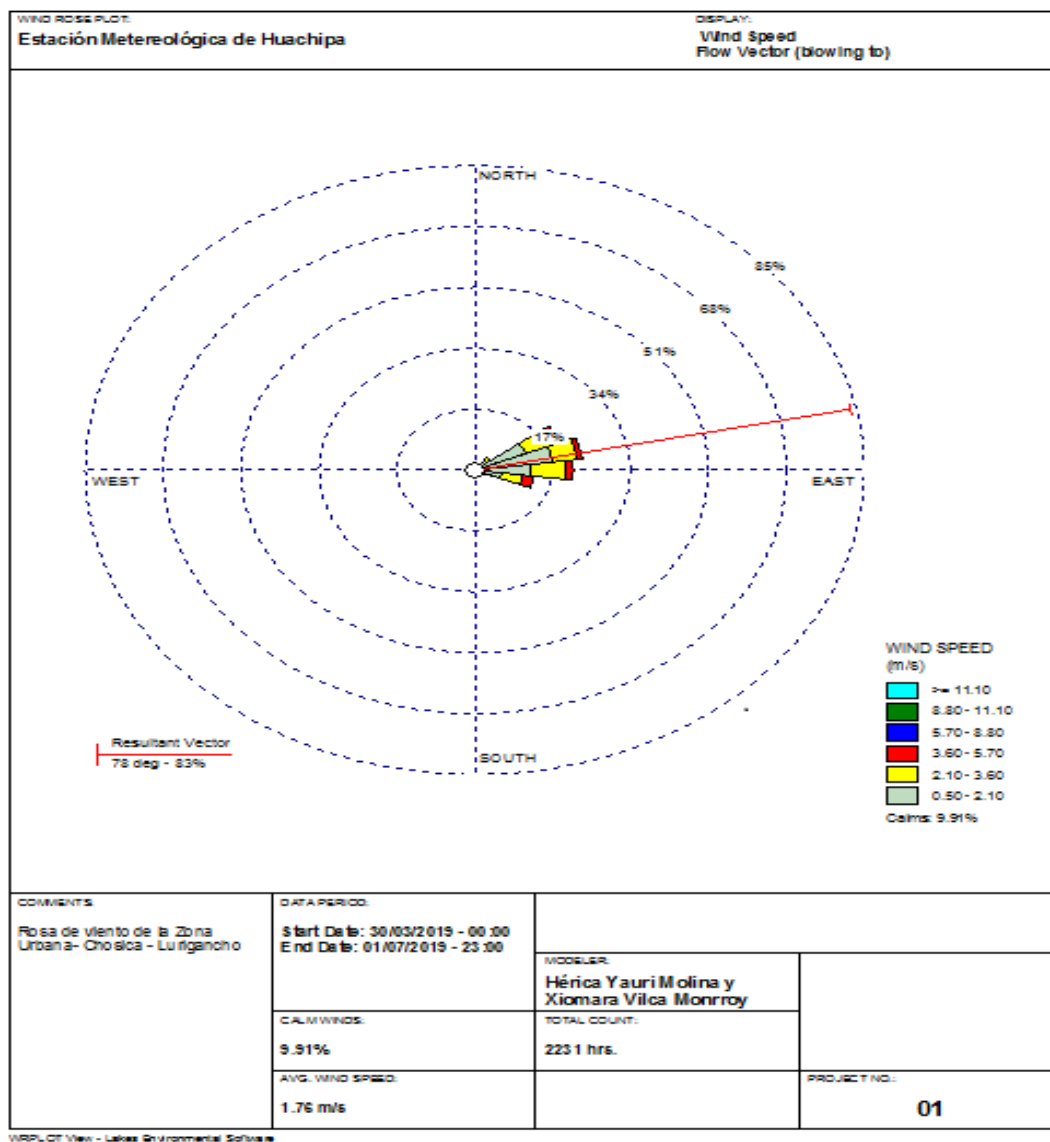


Figura 12: Rosa de viento de la Estación Meteorológica Cajamarquilla.

## 4.2 Resultados del estudio

### 4.3 Concentración de la muestra control

**Tabla 7.**

*Concentraciones medias de oligoelementos ( $\mu\text{g g}^{-1}$  DW) de la muestra control de especies de Tillandsia*

Elementos	Control	
	Tillandsia <i>Latifolia</i>	Tillandsia <i>Purpurea</i>
Al	2083	2189
As	3.69	4.06
Ba	24.81	17.58
Ca	5020	4200
Cd	0.55	0.44
Co	1.66	1.55
Cr	2.09	1.53
Cu	16.79	14.38
Fe	1154	1234
<b>K</b>	<b>4534</b>	<b>1620</b>
Mg	1482	1357
Mn	128.6	78.7
Ni	1.33	0.93
Pb	8.86	9.13
<b>Rb</b>	<b>7.42</b>	<b>6.74</b>
Sb	610	601
V	3.03	2.87
Zn	83.99	60.47

Se puede diferenciar las muestras controles por cada especie de Tillandsias y según su concentración media por cada elemento estudiado.

### 4.4 Concentración valores máx. min y medios $\pm$ desviación estándar

**Tabla 8.** Comparación de los valores máx. min y medios  $\pm$  desviación estándar ( $\mu\text{g g}^{-1}$  peso seco) y los resultados de ANOVA de los elementos traza medidos en *Tillandsias latifolia* y *purpurea*, colectados en las áreas de muestreo. Valores sobre cada línea horizontal, seguido por la misma letra no difieren significativamente ( $p=0.05$ ),  $N$ =número de muestras individuales colectados en cada área. \* Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05. \*\* Significativo a un nivel de probabilidad de 0.01. \*\*\* Significativo a un nivel de probabilidad de 0.001.

Zona Urbana (ZU)							Zona Industrial (ZI)						
Intervalo (mg/g)	P-Urbano			L-Urbano			P-Industrial			L-Industrial			Anova
Elemento	Min	Máx.	Media ± SD*	Min	Máx.	Media ± SD*	Min	Máx.	Media ± SD*	Min	Máx.	Media ± SD*	p-value
Al	1576.23	1806.32	1679.35±68.91	1585.50	1733.98	1666.74±46.26	1738.52	2024.20	1920.58±93.63	1726.10	2005.39	1883.08±81.7	***
As	6.01	7.91	6.85±0.63	5.69	7.35	6.41±0.49	7.18	9.47	8.24±0.70	7.07	8.99	8.26±0.57	***
Ba	40.70	54.26	48.55±3.98	39.86	56.96	48.67±4.97	27.11	39.64	33.43±3.92	30.17	44.55	37.86±3.99	***
Ca	5223.40	6277.52	5768.73±350.71	5107.63	6508.31	5800.61±397.18	4672.45	5576.64	5131.55±274.13	4896.49	5966.54	5451.07±347.63	***
Cd	0.59	0.75	0.67±0.05	0.71	0.97	0.82±0.08	3.80	5.13	4.54±0.41	4.57	6.21	5.44±0.48	***
Co	1.45	2.04	1.72±0.17	1.49	1.84	1.65±0.1	1.49	2.01	1.73±0.15	1.54	2.00	1.76±0.15	***
Cr	1.85	3.07	2.45±0.38	2.18	3.28	2.63±0.33	3.40	4.94	4.16±0.53	3.37	5.60	4.44±0.78	***
Cu	15.95	23.88	20.03±2.59	13.63	23.49	18.64±3.11	24.49	36.80	30.30±3.84	26.92	41.85	34±4.56	***
Fe	1546.37	1744.58	1657.29±58.54	1600.57	1741.97	1669.24±40.88	1961.07	2418.39	2200.63±141.76	2007.52	2495.53	2236.4±162.18	***
K	1757.31	2415.86	2080.47±213.69	1869.55	3003.20	2416.11±394.31	1498.99	2338.95	1984.05±268.44	1754.79	2811.53	2331.01±320.58	***
Mg	1440.01	1945.64	1700.40±152.54	1148.02	1734.78	1382.9±160.87	1321.41	1774.25	1543.90±140.96	1364.38	1920.58	1581.29±186.53	***
Mn	95.90	113.47	103.79±5.55	100.81	138.59	119.14±11.02	134.26	172.12	152.54±13.85	145.77	206.94	173.88±19.79	***
Ni	1.20	1.85	1.51±0.23	1.34	2.28	1.86±0.26	1.98	3.19	2.57±0.35	2.23	3.28	2.82±0.35	***
Pb	11.46	15.90	13.80±1.26	12.49	15.24	13.92±0.87	28.18	43.55	34.82±4.52	27.93	41.68	34.14±4.13	***
Rb	5.73	7.74	6.70±0.61	6.20	8.38	7.29±0.77	5.60	7.15	6.32±0.47	5.75	8.08	6.83±0.83	***
Sb	1384.34	1694.63	1515.90±92.90	1251.03	1516.19	1384.92±79.74	2730.62	3596.10	3089.65±274.97	2359.14	3259.10	2822.29±295.33	***
V	4.60	6.19	5.37±0.54	4.11	5.40	4.78±0.43	7.53	9.66	8.60±0.56	6.93	8.73	7.74±0.63	***
Zn	100.40	131.41	114.76±10.68	159.98	192.21	177.70±10.63	1965.22	2789.48	2342.06±239.73	2431.13	3755.97	2980.54±433.53	***

1

2 **Tabla 9.** Concentraciones medias de oligoelementos ( $\mu\text{g g}^{-1}$  DW)  $\pm$  desviación estándar (S.D.) cuantificadas en ambas áreas de  
 3 estudio y especies de *Tillandsia*.

Elemento	Línea de base <i>T. Latifolia</i> (N=3)	Línea de base <i>T. Purpurea</i> (N=3)	Área Industrial <i>Latifolia</i> (LI) (N=17)	Área Urbana <i>Latifolia</i> (LU) (N=17)	Área Industrial (PI) (N=17)	Area Urbana (PU) (N=17)	ANOVA p-valueA
Al	2083 $\pm$ 182c	2189 $\pm$ 223d	1883 $\pm$ 82 a	1667 $\pm$ 46 b	1921 $\pm$ 94 a	1679 $\pm$ 69 b	**
As	3.69 $\pm$ 1.82c	4.06 $\pm$ 1.32d	8.26 $\pm$ 0.57 a	6.41 $\pm$ 1.04 b	8.24 $\pm$ 1.04 a	6.85 $\pm$ 0.63 b	*
Ba	24.81 $\pm$ 8.24c	17.58 $\pm$ 7.82d	37.86 $\pm$ 4.02 a	48.67 $\pm$ 4.97 b	33.43 $\pm$ 4.02 a	48.55 $\pm$ 3.98 b	***
Ca	5020 $\pm$ 812	4200 $\pm$ 982	5451 $\pm$ 348 a	5801 $\pm$ 397 a	5132 $\pm$ 274 b	5768 $\pm$ 351 a	**
Cd	0.55 $\pm$ 0.12c	0.44 $\pm$ 0.22d	5.44 $\pm$ 0.48 a	0.82 $\pm$ 0.12 b	5.54 $\pm$ 0.50 a	0.67 $\pm$ 0.14 b	***
Co	1.66 $\pm$ 0.82a	1.55 $\pm$ 0.67a	1.76 $\pm$ 0.38 a	1.65 $\pm$ 0.38 a	1.73 $\pm$ 0.63 a	1.72 $\pm$ 0.17 a	0.12
Cr	2.09 $\pm$ 1.11b	1.53 $\pm$ 0.98c	4.44 $\pm$ 1.10 a	2.63 $\pm$ 0.39 b	4.16 $\pm$ 0.90 a	2.45 $\pm$ 0.72 b	**
Cu	16.79 $\pm$ 4.27c	14.38 $\pm$ 3.85d	34.00 $\pm$ 4.56 a	18.70 $\pm$ 3.17 b	30.30 $\pm$ 3.84 a	20.03 $\pm$ 2.59 b	***
Fe	1154 $\pm$ 375c	1234 $\pm$ 263d	2236 $\pm$ 162 a	1669 $\pm$ 41 b	2201 $\pm$ 142 a	1657 $\pm$ 59 b	*
K	4534 $\pm$ 789c	1620 $\pm$ 179d	2331 $\pm$ 321 a	2416 $\pm$ 394 a	1984 $\pm$ 268 a	2080 $\pm$ 364 a	***
Mg	1482 $\pm$ 234d	1357 $\pm$ 311c	1581 $\pm$ 187 a	1383 $\pm$ 161 c	1544 $\pm$ 141 a	1700 $\pm$ 153 b	**
Mn	128.6 $\pm$ 23.5c	78.7 $\pm$ 32.1d	174 $\pm$ 20 a	119 $\pm$ 11 b	153 $\pm$ 14 a	104 $\pm$ 6 b	***
Ni	1.33 $\pm$ 0.45b	0.93 $\pm$ 0.37c	2.82 $\pm$ 0.47 a	1.86 $\pm$ 0.37 b	2.57 $\pm$ 0.60 a	1.51 $\pm$ 0.23 b	*
Pb	8.86 $\pm$ 2.13c	9.13 $\pm$ 3.11c	34.14 $\pm$ 4.13 a	13.92 $\pm$ 0.90 b	34.82 $\pm$ 4.52 a	13.80 $\pm$ 1.26 b	***
Rb	7.42 $\pm$ 1.67a	6.74 $\pm$ 1.95a	6.83 $\pm$ 1.03 a	7.29 $\pm$ 0.77 a	6.32 $\pm$ 0.86 a	6.70 $\pm$ 0.61 a	0.07
Sb	610 $\pm$ 76c	601 $\pm$ 89c	2822 $\pm$ 295 a	1384 $\pm$ 80 b	3090 $\pm$ 275 a	1516 $\pm$ 93 b	***
V	3.03 $\pm$ 0.87c	2.87 $\pm$ 0.68d	7.74 $\pm$ 0.66 a	4.78 $\pm$ 0.43 b	8.60 $\pm$ 1.10 a	5.37 $\pm$ 0.54 b	**
Zn	84 $\pm$ 23c	60 $\pm$ 25d	2981 $\pm$ 434 a	178 $\pm$ 26 b	2342 $\pm$ 240 c	115 $\pm$ 11 d	***

4 <sup>A</sup> Los valores de cada línea horizontal seguida de la misma letra no difieren significativamente ap >0,05. \* Media significativa ap <0,05. \*\* Significativa media ap  
 5 <0,01. \*\*\* Significativa media ap <0,001.

Como se muestra en la Tabla 9, se hallaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las concentraciones medias de las muestras de referencia y la mayoría de elementos en los sitios de trasplante. Asimismo, se observaron diferencias en los sitios urbanos e industriales. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para Co y Rb entre plantas en la misma área (área urbana o industrial). Este último resultado indica que ambas especies acumulan de manera similar los contaminantes. *Tillandsia latifolia* y *T. purpurea* tienen características similares con hojas gruesas de color verde claro que están cubiertas de tricomas.

#### 4.5 Razones de línea Base (EB)

**Tabla 10.** Razones de línea base (EB) calculadas para 18 elementos medidos en las muestras trasplantadas en el área urbana e industrial utilizando plantas de *T. latifolia* y *T. purpurea* expuestas durante tres meses

Elemento	LI	LU	PI	PU
Al	0.90	0.80	0.88	0.77
As	<b>2.24</b>	<i>1.74</i>	<b>2.03</b>	<i>1.69</i>
Ba	<i>1.53</i>	<b>1.96</b>	<b>1.90</b>	<b>2.76</b>
Ca	1.09	1.16	1.22	<i>1.37</i>
Cd	<b>9.89</b>	1.49	<b>12.59</b>	<i>1.52</i>
Co	1.06	0.99	1.12	1.11
Cr	<b>2.12</b>	<i>1.26</i>	<b>2.72</b>	<i>1.60</i>
Cu	<b>2.03</b>	1.11	<b>2.11</b>	<i>1.39</i>
Fe	<b>1.94</b>	<i>1.45</i>	<b>1.78</b>	<i>1.34</i>
K	0.51	0.53	1.22	<i>1.28</i>
Mg	1.07	0.93	1.14	<i>1.25</i>
Mn	1.35	0.93	<b>1.94</b>	<i>1.32</i>
Ni	<b>2.12</b>	<i>1.40</i>	<b>2.76</b>	<i>1.62</i>
Pb	<b>3.85</b>	<i>1.57</i>	<b>3.81</b>	<i>1.51</i>
Rb	0.92	0.98	0.94	0.99
Sb	<b>4.63</b>	<b>2.27</b>	<b>5.14</b>	<b>2.52</b>
V	<b>2.55</b>	<i>1.58</i>	<b>3.00</b>	<b>1.87</b>
Zn	<b>35.49</b>	<b>2.12</b>	<b>38.73</b>	<b>1.90</b>

Condiciones normales (0,75-1,25) son con una letra normal, la acumulación (1,25-1,75) está resaltada en cursiva y la acumulación severa ( $> 1,75$ ).



Los ratios de EB calculados según la escala de Frati y col., (2005), se muestran en la Tabla 10 (los valores de la razón de EB superiores a 1,75 indican influencia antropogénica). En el área industrial: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, V y Zn mostraron ratios  $EB > 1,75$  para *T. purpurea*, mientras que As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sb, V y Zn para *T. latifolia*. Estos resultados sugirieron un elevado enriquecimiento de estos elementos en las cercanías de la planta de Fundición en ambas especies vegetales. Asimismo, el Zn que presentó mayores concentraciones en ambas plantas de Tillandsias confirma que la fundición de Zn tiene un fuerte y negativo impacto en la atmósfera de esta zona. Schreck et al., (2016) quien expuso plantas de *T. capillaris*, encontraron Pb, Sb, Sn y Zn en altas concentraciones alrededor de la Planta de Fundición en Bolivia.

En el casco urbano: Ba, Sb, V (solo para *T. purpurea*), y el Zn mostró proporciones de  $EB > 1,75$  para ambas especies de plantas. Estos resultados confirman nuevamente una capacidad de acumulación similar de las dos Tillandsias estudiados, y elementos relacionados con el origen antropogénico. En la literatura, Ba, Sb, V, Zn y otros elementos (p. Ej., Pb, Ni y Cd con  $1,25 < EB \text{ ratio} < 1,75$ ) se consideran tóxicos (Louis Kwame Boamponsem, 2016a; Hoodaji et al., 2012). Estos elementos dentro de la literatura suelen estar relacionados con el tráfico vehicular y las emisiones, y tanto el desgaste de los neumáticos como de los frenos en las zonas urbanas. Según las ratios EB y la ubicación, podemos asumir que estos elementos provienen de fuentes vehiculares.

#### 4.6 Análisis de componentes principales (ACP) en Zona urbana

**Tabla 11,** Resultado del análisis de componentes principales para muestras urbanas. Los elementos con valores de correlación superiores a 0,7 (se consideran significativos) se enumeran en negrita; superior a 0,5 e inferior a 0,7 en cursiva.

Elemento	PC1	PC2	PC3	Comunalidades
Al	– 0.498	0.238	<b>0.526</b>	0.50
As	0.147	<b>0.843</b>	0.281	0.81
Ba	<b>0.958</b>	– 0.001	– 0.074	0.93
Ca	<b>0.864</b>	– 0.125	– 0.142	0.78
Cd	0.374	0.423	0.317	0.42
Co	<i>0.683</i>	0.052	<b>0.585</b>	0.60
Cr	<b>0.767</b>	0.025	0.336	0.70
Cu	<b>0.840</b>	0.357	– 0.259	0.90
Fe	<i>0.694</i>	0.424	– 0.024	0.66
K	<i>0.669</i>	– 0.330	– 0.034	0.87
Mg	<b>0.899</b>	– 0.151	– 0.019	0.83
Mn	<b>0.931</b>	– 0.193	– 0.082	0.91
Ni	<b>0.747</b>	0.453	– 0.012	0.76
Pb	0.026	<b>0.775</b>	– 0.352	0.73
Rb	0.315	0.499	<b>0.517</b>	0.52
Sb	<b>0.763</b>	0.110	– 0.077	0.60
V	<b>0.797</b>	0.187	0.333	0.78
Zn	<b>0.738</b>	<i>0.620</i>	– 0.017	0.65
Autovalores	8.759	3.061	1.125	
% de varianza total	48.658	17.009	6.249	
% de variación acumulada	48.658	65.667	71.91	

Análisis de componentes principales (ACP) con rotación Varimax, se consideró Kaiser-Meyer Olkin (KMO) con un valor propio > 1

Se presenta los resultados de ACP después de varimax rotación de muestras urbanas, que muestra tres PC que presentaban valores propios superiores a 1 y que explican el 71,91% de la variabilidad total en el conjunto de datos. El PC 1 representa 48,68% de la varianza total y presenta alta carga positiva para Ba, Ca, Cr, Cu, Mg, Mn, Ni, Sb, V y Zn. As y Pb muestran una carga alta

en el PC 2, que representa el 17,00% de la varianza total. El PC 3 explica el 6.25% de la varianza total y se observaron cargas positivas para Al, Co y Rb. Las comunalidades de As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, V y Zn en el conjunto de datos estaban en el rango de 0,60 a 0,91, lo que indica que cada elemento era satisfactorio prorrateado en función de los factores identificados. Sin embargo, Al, Cd y Rb arrojan valores de comunalidad inferiores al 60%, lo que sugiere que una fracción sustancial de sus concentraciones de estos elementos no podría distribuirse entre factores PC cuyos valores propios fueron  $> 1$ . El PC 1 agrupó 10 elementos con cargas significativas. A primera vista, se observa que la principal fuente de estos elementos podría ser antropogénica debido a que Ba, Sb y Zn presentaron valores de razones  $EB > 1.75$  y Cr, Cu, Ni y V muestran acumulación ( $1.25 < \text{razón } EB < 1.75$ ) en el casco urbano. Por lo tanto, la fuente puede ser emisiones de vehículos que no son de escape (por ejemplo, desgaste de neumáticos y frenos), ya que estos elementos se encuentran comúnmente en áreas urbanas. El PC2 tiene cargas significativas de As y Pb, con la menor influencia de Fe y Rb, lo que indica una influencia de origen tanto antropogénico como natural, como la apatita (Fe). El PC 3 mostró cargas significativas de Al, Co y Rb, lo que sugiere un origen principalmente natural.

#### 4.7 Análisis de componentes principales (ACP) en Zona industrial

**Tabla 12.** Resultado del análisis de componentes principales para muestras industriales. Elementos con valores de correlación mayores de 0,7 (se consideran significativos) se enumeran en negrita; mayor que 0.5 y menor que 0,7 en cursiva

Elemento	PC1	PC2	PC3	PC4	Comunalidades
Al	0.176	<b>0.708</b>	<i>0.521</i>	− 0.021	0.71
As	− 0.164	<b>0.733</b>	− 0.077	0.422	0.75
Ba	<b>0.879</b>	0.001	0.085	− 0.098	0.79
Ca	<b>0.804</b>	− 0.290	0.067	0.277	0.82
Cd	0.358	0.049	− 0.603	0.081	0.50
Co	<i>0.648</i>	0.260	0.088	− 0.413	0.67
Cr	<b>0.877</b>	0.059	0.208	− 0.202	0.86
Cu	<i>0.535</i>	0.495	− 0.399	0.154	0.71
Fe	− 0.003	<b>0.840</b>	0.264	− 0.187	0.81
K	0.444	<b>0.701</b>	− 0.008	− 0.073	0.91
Mg	<i>0.678</i>	0.216	0.303	0.344	0.72
Mn	<b>0.893</b>	− 0.313	0.077	0.047	0.90
Ni	<b>0.888</b>	− 0.051	0.076	− 0.077	0.80
Pb	0.360	<i>0.661</i>	− 0.324	− 0.216	0.73
Rb	0.257	− 0.033	<i>0.605</i>	<i>0.524</i>	0.71
Sb	<i>0.505</i>	0.024	− 0.570	0.376	0.72
V	<b>0.886</b>	− 0.028	− 0.009	− 0.202	0.83
Zn	<b>0.738</b>	0.229	− 0.155	0.069	0.51
Autovalores	7.186	3.278	1.77	1.18	
% de varianza total	39.924	18.211	9.867	6.571	
% de varianza acumulada	39.924	58.135	68.002	74.573	

Análisis de componentes principales (ACP) con rotación Varimax, se consideró Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) con un valor propio > 1

Se muestra los resultados de ACP de muestras industriales después de la rotación varimax, se muestran cuatro PC con valores propios superiores a 1 y representan el 74,57% de la variación total

en el conjunto de datos. El PC 1 explica el 39,92% de la varianza total y muestra una carga positiva alta para Ba, Ca, Cr, Mn, Ni, V y Zn. Al, As, Fe y K mostraron una carga alta en el PC 2 con 18,21% de la varianza total. El PC 3 y el PC 4 representan el 9,86% y el 6,57%, respectivamente. PC 3 muestra una carga positiva para Al y Rb, mientras que el PC 4 solo muestra una carga positiva para Rb. Las comunales para Al, As, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb y V en el conjunto de datos muestran similitudes en el rango de 0,67 a 0,91, lo que sugiere que cada elemento distribuyó satisfactoriamente el PC identificado. Cd y Zn mostraron comunales inferiores al 60%, lo que indica que una fracción de su concentración de ambos elementos no se pudo prorratear a factores con Autovalores menores a 1. El PC 1 agrupó cargas significativas de Ba, Ca, Cr, Mn, Ni, V y Zn, indicando fuentes industriales y vehiculares. El PC 2 mostró una fuerte influencia de Al, As, Fe y K, lo que sugiere un origen natural y antropogénico De Paula et al., (2015). El PC 3 y el PC 4 mostraron una fuerte influencia de origen natural con una carga significativa de Rb. Por lo tanto, la fuente puede ser el polvo de la carretera debido a que este elemento se encuentra comúnmente en el suelo. Lurigancho-Chosica está bordeada por cerros compuestos principalmente de polvo y tierra, que son dispersados por el viento y sedimentados en casas y caminos. Así, los resultados de este estudio confirman que la resuspensión de partículas del suelo, los vehículos y las actividades industriales son las principales fuentes de emisión de elementos potencialmente tóxicos al aire de Lurigancho- Chosica.

#### **4.8 Comparación de la concentración de muestras control y biomonitores por metales traza**

Los 18 metales trazas que se evaluaron, son altamente tóxicos y perjudiciales para la salud es por ello que la Agencia de investigación sobre el Cancer (IARC), lo clasifica en el grupo 1 a las sustancias cancerígenas al As, Cd, Cr, Ni y sus compuestos, en el grupo 2A sustancias probables cancerígenas compuestos inorgánicos de Pb y grupo 2B los metales como Sb y Pb. (Gabriela A. Abril et al., 2014; Ibedaca, 2014). La exposición de estos metales en la atmosfera representa un problema vital para la salud del ser vivo. Por lo general estos oligoelementos están en la fase particular en el aire.

La representación gráfica de los datos adquiridos durante los tres meses de biomonitoreo se utilizó la varianza del análisis unidireccional (ANOVA) boxplot y/o diagramas de cajas para cada oligoelemento y la posterior prueba de Tukey post-hoc con un intervalo de confianza del 95% mediante los contenidos de correlación de cada elemento se realizó el análisis de correlación para determinar la relación entre los oligoelementos entre las áreas de estudio y las especies de Tillandsia trasplantadas. Todo el tratamiento y las estadísticas se realizaron en el software libre CRAN R versión 3.2.6 (R Team Core, 2019).

En el primer grupo de metales pesados (Al, As, Ba, Cd, Ca, Co, Cu, Cr y Fe) y el segundo grupo (K, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, V y Zn) analizados mediante el ICP-MS.

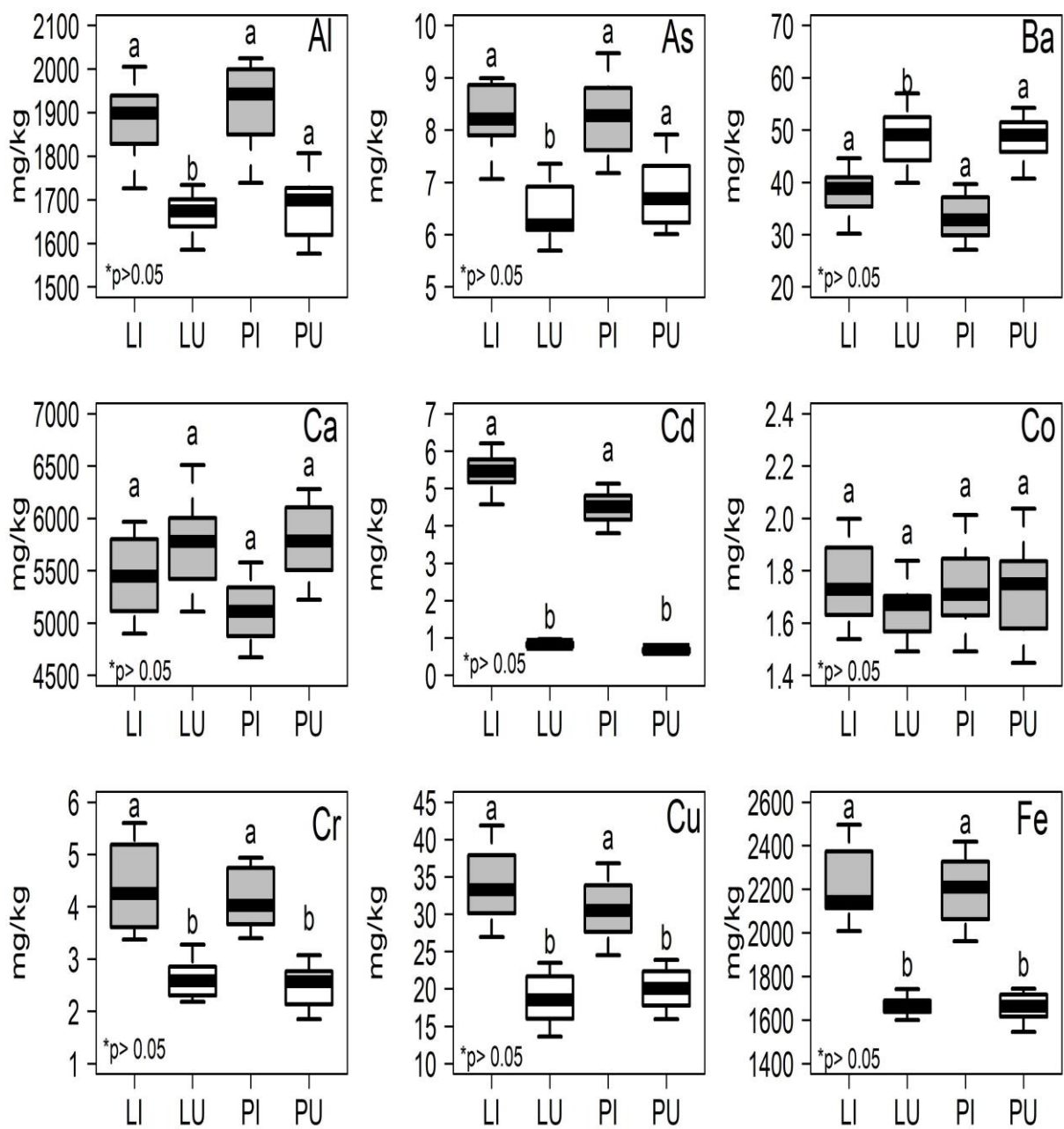


Figura 14: Primer grupo de elementos traza (Al, As, Ba, Cd, Ca, Co, Cu, Cr y Fe)

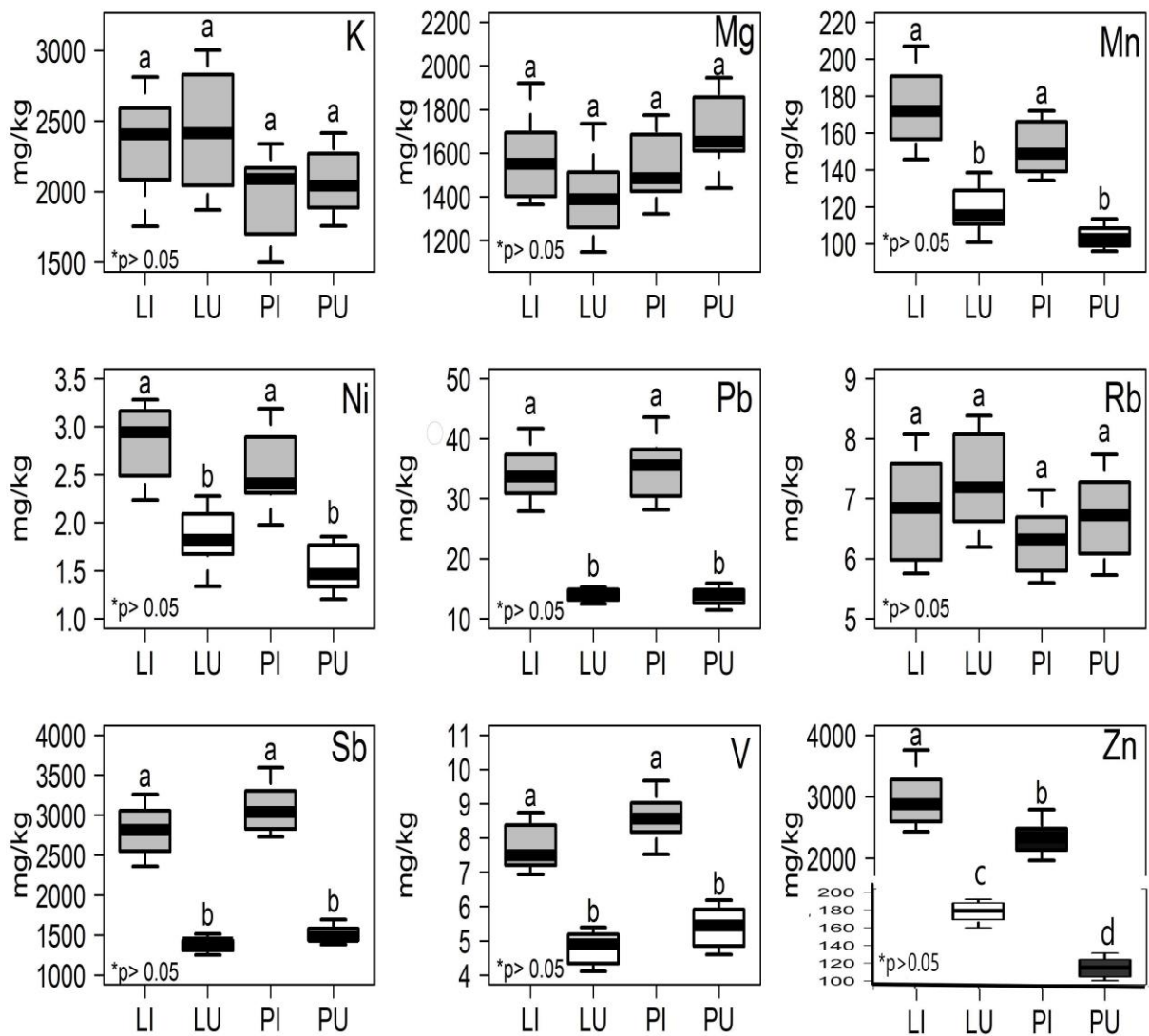


Figura 15: Segundo grupo de elementos traza (K, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, V y Zn)



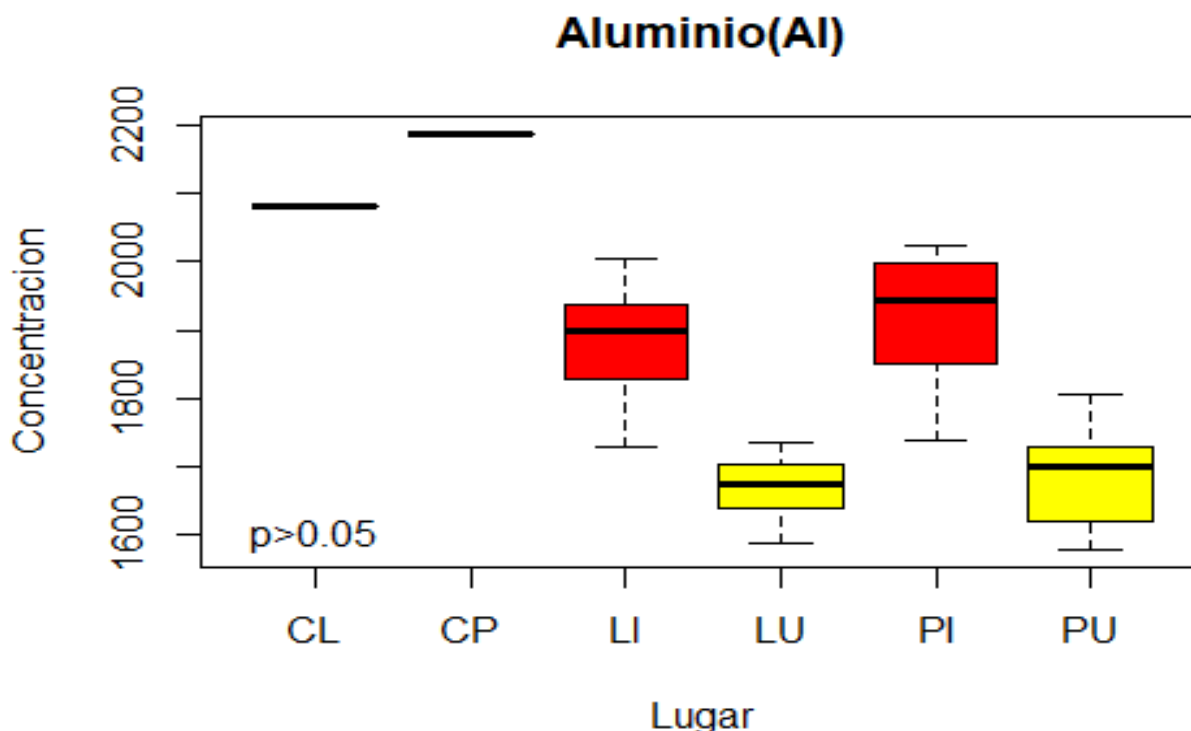


Figura 16: Resultados de Concentración de Al de ambas áreas y muestra control

El parámetro de aluminio (Al) entre los valores de las medias analizadas en la especie del biomonitor *T. latifolia* fueron las siguientes; para LU de 1666.71 mg/kg, para el LI 1883.08 mg/kg, por lo tanto, se muestra en la gráfica una ligera significancia en cuanto a las medias y los valores para el biomonitor *T. purpurea* analizada fue en PU de 1679.35 mg/kg, para el PI es 1920.58 mg/kg. En cuanto a las zonas biomonitoreadas en la zona industrial se concentró mayor cantidad de aluminio en el biomonitor PU a diferencia de la zona urbana se encontró una ligera diferencia para ambos biomonitores, por acepción los valores de los controles de cada biomonitor sobrepasan al cuarto cuartil en todos los puntos monitoreados. Según la gráfica las muestras control, se observa que el resultado para el CL es 2083 mg/kg y el resultado para el CP es 2189 mg/kg los cuales son valores más altos que en las zonas monitoreadas esto debido a que los biomonitores fueron recolectados de dos tillandsiales ubicados en diferentes zonas. Los valores de Al en comparación a los controles en ambas zonas monitoreadas, particularmente la zona industrial conservo valores para LI 1883.0 y PI 1920.58, donde la especie *T. purpurea* es la que más conservo durante el tiempo del biomonitores a diferencia de la zona urbana que mantuvo valores bajos LU de 1666.71 y PU de 1679.35 a antes de ser transplantados.

Así la concentración de los metales como el Al en los biomonitores *T. purpurea* en la zona industrial es el que más resalta, pero los valores fueron bajos a diferencia de las muestras controles, el CP sus medias por encima de los biomonitores de ambas zonas esto debido al tillandsial de la *T. purpurea*, Casierra-Posada, (2018), las plantas acumulan Al cuando los suelos tienen una reacción acida, la acumulación es un indicador la sensibilidad al elemento se ubica en el ápice radicular y su tolerancia como la exudación de ácidos orgánicos o son plantas condescendiente al Al . Los estudios de (Lazo et al., (2019); Casierra-Posada, (2018); María et al., (1998); Böswald et al., 1995b)) nos ayuda a sustentar los elevados valores adquiridos en la muestras controles, el suelo con bajas concentraciones de Ca, Mg, K, P tienen una relación inversa con la saturación del Al generando alta acidez en el suelo sustentado también con los autores (Asunción, (2010); Sánchez & Salinas, (1982)), así también lo menciona, en un 70% en regiones que tienen suelos ácidos e infértiles produce toxicidad por Al y deficiencia de Ca y Mg por ello la importancia de estos factores limitantes, así mismo se encuentra relación con los valores obtenidos en las muestras control de ambas tillandsias, combustión vehicular, polvo en las carreteras; también en fábricas de cemento e incineradoras de residuos. Los estudios realizados con biomonitores como de Lazo et al., (2019) quien expuso musgo concentraciones de Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn , Na, Ni, Pb, Sr, V y Zn, donde el valor de la media de Al fue menor a Mg, Fe, K y Ca en el biomonitor. Alexandrino et al., (2020) menciona que son insolubles los compuestos del Al su presencia se debe a la contaminación del suelo y polvo

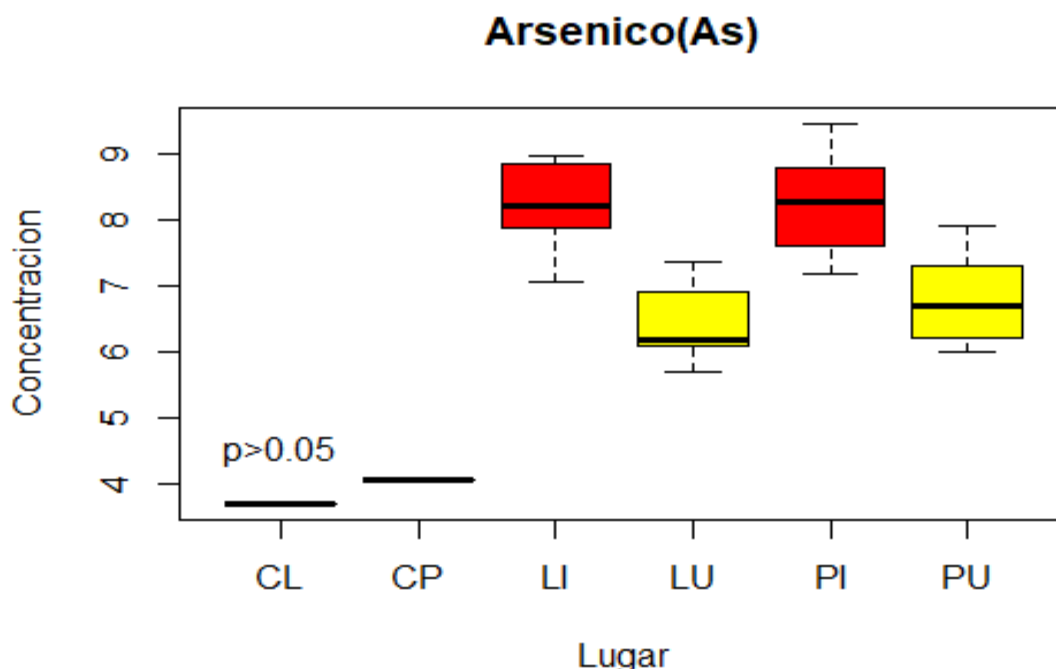
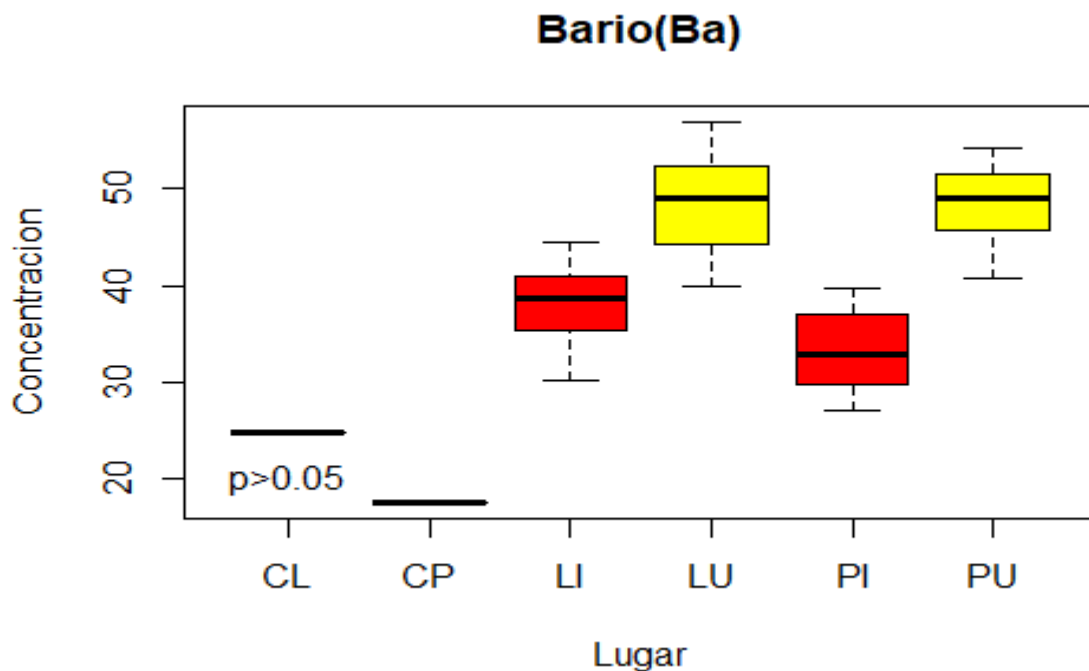


Figura 17: Resultados de concentración de As de ambas áreas y muestra control

Asimismo los valores de las medias adquiridos para el arsénico (As) empleando el biomonitor *T. purpurea*, en PU fueron de 6.85 mg/kg y para el PI es 8.24 mg/kg y empleando el biomonitor *T. latifolia*, el resultado fue de LU 6.41 mg/kg y en LI 8.26 mg/kg durante los tres meses de exposición, mientras los resultados de los análisis para las muestras control fue para CP 4.06 mg/kg y CL 3.69 mg/kg donde se observa en la gráfica que estos valores son mucho menores a todos los resultados, sus valores no alcanzan a los primeros cuartiles en cada zona biomonitorizada vista en el boxplot. La concentración del As en los biomonitores *T. latifolia* y *T. purpurea* en la zona industrial es el que más resalta por tener las concentraciones altas incluyendo al biomonitor PU de la zona urbana a diferencia de las muestras del CP y CL están muy por debajo los valores de los biomonitores, Schreck et al., (2016) quien expuso plantas de *T. capillaris* encontraron concentraciones para As, Sn y Cd aumentaron de manera regular durante el periodo de exposición y concentraciones de Pb, Sb, Sn y Zn en plantas del área de Fundición superiores a las del Centro de Oruro (Bolivia). Igualmente, Guéguen et al., (2012) utilizando muestreadores pasivos en entornos urbanos e industriales, reportaron enriquecimiento de As, Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Sb, V y Zn en el área industrial los estudios hechos por “Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades”, (2009) las principales fuentes de As de este estudio probablemente provienen de

las industrias como sub producto del proceso de la fundición del Zn también lo define en su investigación (BNamericas, (2020); Figueroa Bedoya, (2001)). Este autor nos ayuda a sustentar nuestra investigación tomando como fuente a la refinería de Cajamarquilla hoy llamada NEXA donde las etapas que realizan como: purificación consideran la primera llamada purificación fría donde se descartan las impurezas como: cadmio, cobre, fierro, arsénico, antimonio, y otros y la segunda llamada purificación caliente en la cual se excluye, cobalto y níquel. También se obtuvieron As debido a una importante contribución del área de refinería de Zinc existente en el área biomonitorizada, la refinería también obtiene como subproductos ácido sulfúrico, cadmio, cobre, plomo, plata, cobalto, níquel e indio.



*Figura 18:* Resultados de concentración de Ba de ambas áreas y muestra control

Además, en cuanto al Bario se estima que LU es 48.67 mg/kg y el LI es 37.86 mg/kg, y las medias en PU es 48.55 mg/kg y PI es 33.43 mg/kg, es así como en la zona urbana entre los biomonitores LU y PU existe una similitud entre sus valores, en cuanto a la muestra control los resultados fueron en CP 17.58 mg/kg y CL 24.81 mg/kg por lo que se observa en el gráfico que sus valores registrados están por debajo de los primeros cuartiles de todas las zonas de biomonitorio. El Bario se considera un indicador de las emisiones de los vehículos por el deterioro de las ruedas

y frenos considerado elemento trazador de emisión de la congestión vehicular considerado no escape al ambiente atmosférico, Goddard et al., (2019). Las ciudades de Lima y Callao representan el 66% del número de autos existentes en todo el Perú MTC, (2018) por tanto, la concentración de Ba encontrada puede estar relacionada con esta actividad. En general el Bario es uno de los metales controlados más para calidad de agua que para aire, se observa que la absorción fue registrada en mayor cantidad por parte del biomonitor de *T. latifolia* seguido del *T. purpurea* en la zona urbana a diferencia de la zona industrial ya que el Ba no es un metal que se puede encontrar en cantidad en la industria, pero usado en la industria de pinturas, papeleras cauchos pirotecnias esto explicaría su presencia, porque en la ZI monitoreada no se observó fábricas aledañas de pintura, papeleras etc. Mientras en las zona urbana existió una fábrica de papel, pinturas, hay lugares clandestinos donde usan pirotecnia y la presencia del parque automotor esto nos ayuda a sustentar investigaciones de los autores Pellegrini et al., (2014) quien realizó en cinco sitios de la ciudad de Pisa, Toscana, Italia usando *Tillandsia usneoides* (L) L como biomonitor donde atribuye al bario como un elemento encontrado en zona urbana, mencionan que la emisión derivadas del deterioro de los neumáticos y frenos parque automotor provoca los niveles de metales trazas como cobre, antimonio, estaño, manganeso, zinc y bario, el Ba considerado también trazador inorgánico preferible de la congestión móvil, menciona Perez et al., (2008) y el límite propuesto por la OSHA (2015) para polvos de sulfato de bario en el aire del trabajo es de 1,5 mg/m<sup>3</sup> y 5 mg/m<sup>3</sup> para la fracción respirable. NIOSH (2015) se aconseja límites de 10 mg/m<sup>3</sup> para polvos de sulfato de bario y 5 mg/m<sup>3</sup> para la fracción respirable Paredes, (2016).

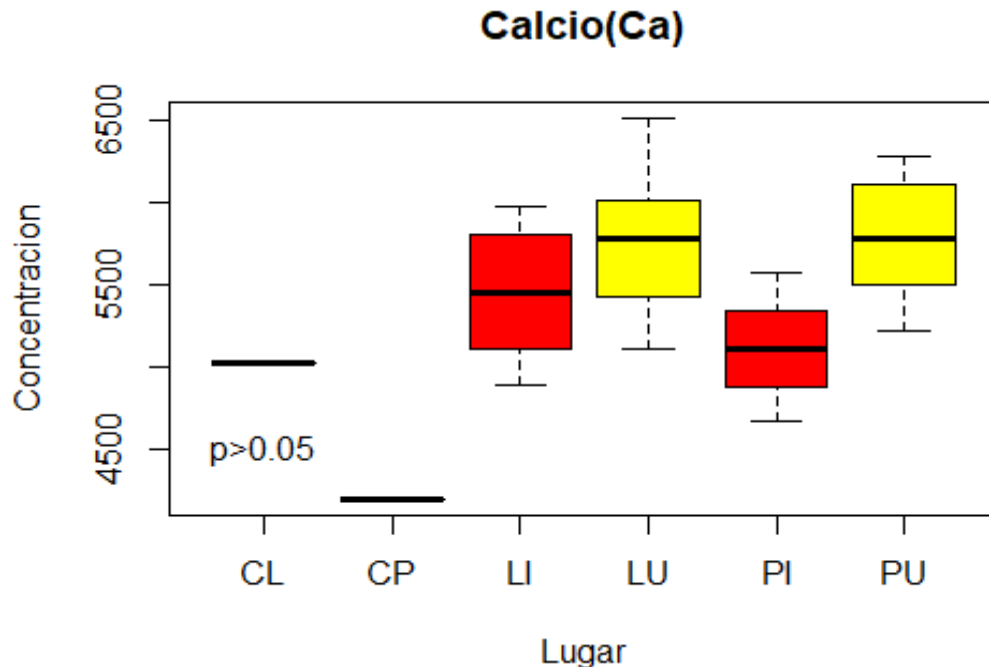


Figura 19: Resultados de concentración de Ca de ambas áreas y muestra control

En el caso del Calcio sus valores de las medias analizadas en la especie del biomonitor T. *latifolia* fueron las siguientes; para LU es 5800.61 mg/kg y LI es 5451.07 mg/kg y los valores para el biomonitor T. *purpurea* se registró en PU es 5768.73 mg/kg y con PI es 5131.55 mg/kg, estos valores registrados demuestran una leve significancia con el empleo del biomonitor T. *latifolia* quien fue el que tiene los registros más altos en ambas zonas de estudio e manera similar el PU a diferencia el PI que es menor; para la muestra control los datos en el caso del CP 4200 mg/kg y para el CL 5020 mg/kg como se observa en el grafico que sus valores registrados están por debajo de los primeros cuartiles de las zonas de biomonitoreo con excepción del PI. las investigaciones de Lazo et al., (2019) donde estudio la deposición de trazas mediante biomonitoreo de musgo *Hypnum cupressiforme* (Hed) sps obteniendo resultados similares 2015 y 2010, adquirió una concentración media para Ca atribuye una suposición a polución a la variación natural o transporte de largo alcance considerado también como un trazador de polo costero. Ramírez et al., (2008) de biomonitoreo empleando *Tillandsia usneoides*, atribuye la presencia del calcio a la presencia de industria alimenticia, relacionada a la zona industrial de nuestro biomonitoreo coincide con fábrica de alimentos balanceados para animales así mismo calcio se considera un indicador de la producción de cemento. Canbek et al., (2020), y su presencia puede atribuirse a la liberación de actividades locales de construcción / demolición en forma de re-suspensión de desechos y polvo.

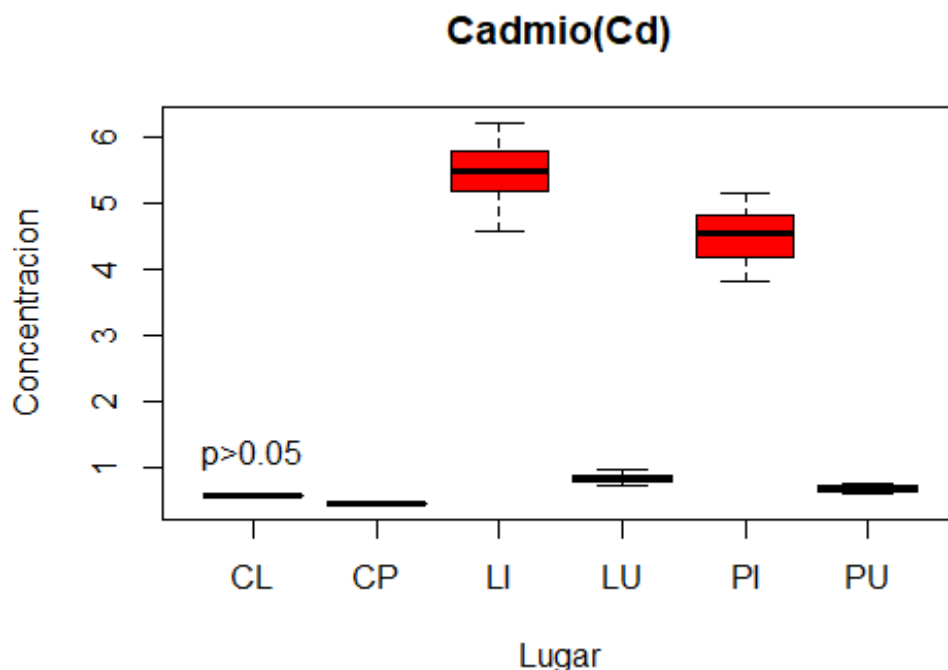


Figura 20: Resultados de concentración de Ca de ambas áreas y muestra control

En cuanto al Cadmio los datos estimados en LU son de 0.82 mg/kg y en LI es 5.44 mg/kg, por otro lado, en PU es 0.67 mg/kg y PI es 4.54 mg/kg donde la especie de biomonitorio *T. latifolia* muestra los valores más altos en la zona industrial donde el Cd es más abundante en el análisis mientras la muestra control CP 0.44 mg/kg y CL 0.55 mg/kg por lo que se observa en el grafico que sus valores registrados están por debajo de los primeros cuartiles de todas las zonas de biomonitorio. Para cadmio donde mayor acumulo es la ZI en ambos biomonitores aunque con una ligera diferencia en LI y PI es el que mayor acumulo a diferencia de la ZU donde la acumulación es mínima con valores cercanos a las muestras controles esto nos demuestra que el Cd no esta tan presencial en zonas urbana a diferencia de las ZI, los autores como Ferreira, (2014) en su estudio uso como biomonitor a *Tillandsia usnoide* (L) en Brasil obtuvo resultados altos para los elementos Ba, Bi, Pb, Sn, Sb, Sr, Cu, Cd, Ti y Fe para el centro de Campinas y Co y Ni no obtuvo valores altos y Paoli et al., (2016) uso como biomonitor líquenes para las propiedades magnéticas y concentración de elementos en producción de cementos donde adquirió para Cd concentraciones de 0.06 elevadas y tiene correlación con Mn. (Fátima et al., (2019); Noriega et al., (2008)) mencionan que es altamente peligroso, se da por la quema de carbón es de esa forma como ingresa al aire posiblemente que también sea por los tratamientos que se da a los residuos que contengan cadmio, las baterías recargables son usados para pigmentar los plásticos es un componente de la

basura electrónica también es usado en fotovoltaicos las pantallas de televisión siendo el Cd una sustancia cancerígena en situaciones expuestas prolongadas dañan los riñones y los huesos. El cadmio es uno de los cuatro metales pesados tóxicos para el ambiente porque es acumulable en el medio ambiente y organismos vivos bioacumulables porque no se degrada como son las tillandsias usadas para esta investigación sobre todo si han crecido en suelos ácidos puede ser trasladado por el aire y el agua y las principales fuentes son los incendios forestales también es producto por las industrias de proceso del zinc, minerales de fosfato, acero, estiércol y cementeras. Su presencia en nuestra investigación también es debido a la presencia de la refinería de zinc las cementeras ya que el cadmio está asociado con el zinc y el plomo tiene poca persistencia (días o semanas). Las concentraciones en zonas rurales son de 0,1 mg. por m<sup>3</sup> aumentando hasta cinco veces en zonas urbanas e industriales. industria del acero Noriega et al., (2008) Así mismo en los resultados adquiridos en la muestra control y los biomonitores de la zona urbana es con valores bajos 0.5 a 1 a diferencia de la zona industrial si hay presencia con valores hasta 6 en ambos biomonitores aun que la diferencia es poca se observa que el biomonitor LI es que más capto. Esto nos hace ver sus investigaciones de Lavernia, (2015) menciona Carroll también se relaciona en nuestros resultados del biomonitoreo hecho por tres meses.



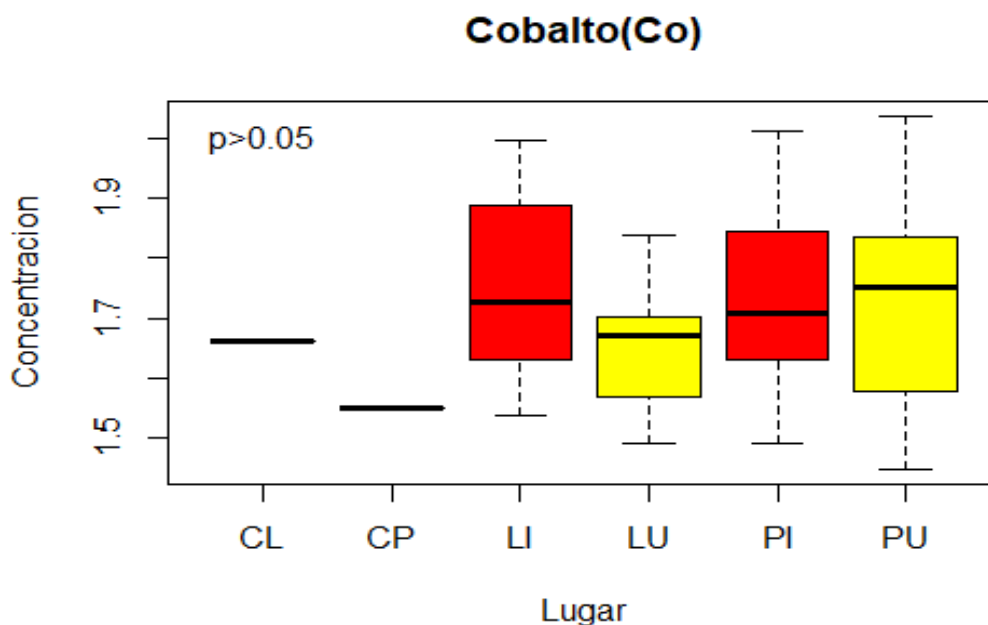


Figura 21: Resultados de concentración de Co de ambas áreas y muestra control

En cuanto al Cobalto los datos obtenidos para LU son de 1.65 mg/kg y para LI es 1.76 mg/kg, mientras para PU es 1.72 mg/kg y PI es 1.73 mg/kg sin embargo entre los biomonitores se encuentra nivel de significancia mayor a 0.05 mg/kg entre biomonitores y en las ambas zonas; las muestra control CP acumulo 1.55 mg/kg y CL acumulo 1.66 mg/kg los cuales se encuentran respectivamente entre el primer cuartil y segundo cuartil, pero no superan los valores de las medias registradas con los datos obtenidos no es posible hacer una buena comparación sobre la eficiencia de cada biomonitor ya que muestran valores aproximados entre sí, tan solo puede apreciarse que en la zona urbana presenta las medias más bajas en LU a comparación de la otra zona biomonitoreada. El cobalto está asociado al polvo para poder subsistir por algunos días, en la zona de Cajamarquilla es frecuente la dispersión de polvo cercano a carreteras donde encontrar concentraciones altas de este. Mientras en la zona urbana la concentración de Co se debe a las industrias y comercio de cerámicos, vidrios y pinturas cercanas a los puntos de monitoreo. Los estudios de autores como de Ferreira, (2014), quien uso como biomonitor a *Tillandsia usneoides* (L) en el estado de Sao Paulo Brasil quien distingue que la fuente es debido a las industrias como el uso de rocas fosfatadas para adquirir micronutrientes de fertilizantes. Luigi Brighigna et al.,

(2002) quien uso *tillandsia spp* para monitorear la contaminación atmosférica en la ciudad de Florencia, Italia, usando líquenes y Mejía, (2016) pero sobre todo de la quema de combustible asociada al tráfico rodado en la carretera central.

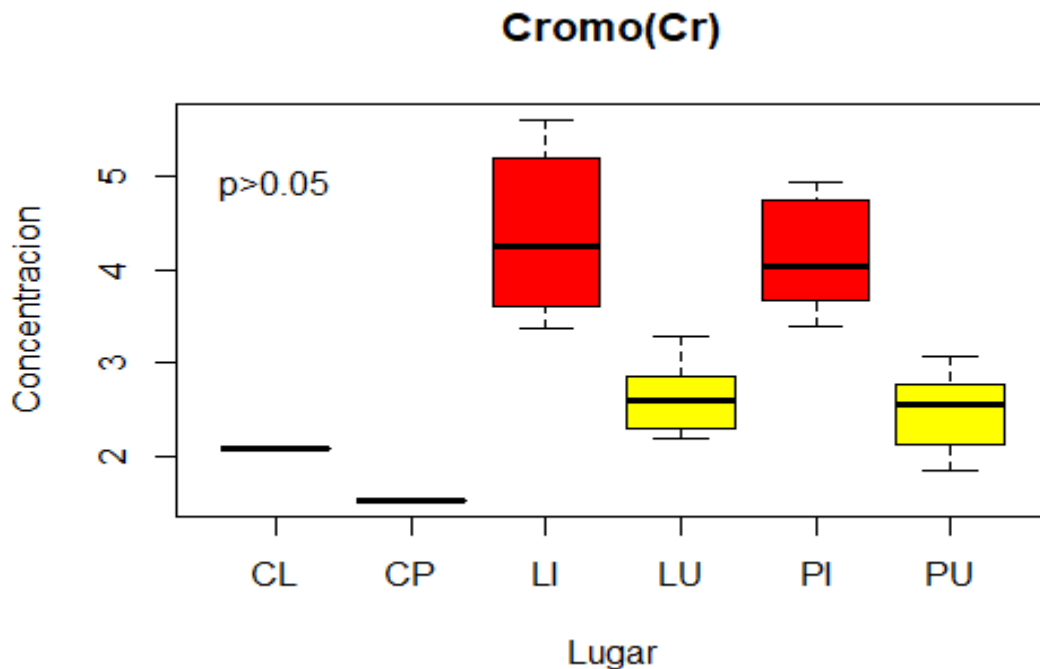


Figura 22: Resultados de concentración de Cr de ambas áreas y muestra control

Los valores del Cromo de las medias analizadas en la especie del biomonitor *T. latifolia* fueron las siguientes; para LU es 2.63 mg/kg y LI es 4.44 mg/kg y los valores para el biomonitor *T. purpurea* se registró en PU es 2.45 mg/kg y con PI es 4.16 mg/kg, estos valores registrados demuestran una leve significancia con el empleo del biomonitor *T. latifolia* quien tiene los registros más altos en la zonas industrial seguido del PI de estudio; para la muestra control los datos del CP 1.53 mg/kg y para el CL 2.9 mg/kg como se observa en el grafico que sus valores registrados para Cr están por debajo de los primeros cuartiles de las zonas de biomonitoreo. El cromo probablemente se dé por tormentas de polvo, estudios de Nakazato et al., (2016), quien uso como biomonitores a *T. pulchra* y *P. guajava* menciona que Cr se considere como marcador adecuado para los principales fuentes de contaminación atmosférica, en la zona industrial marco el origen antropogénico. (Louis Kwame Boamponsem, 2016b; Hernández et al., 2012), donde menciona que obtuvo 11.8% de concentración en líquenes para Cr, Pb, Cd, Zn y Cu atribuye también a

presencia vehicular MP. Para el segundo estudio tomaron muestras de las plantas y del suelo circundante a las raíces y analizaron el contenido total del metal a las muestras secas, mencionan que ninguna de las especies resultó ser hiperacumuladora a pesar que sus contenidos del metal variaron entre 19,0 y 170 mg kg<sup>-1</sup> en las plantas, siendo valores más altos a los encontrados en nuestras zonas de estudio industrial, donde el valor más alto es de 5.6 mg kg<sup>-1</sup> de Cr en LI, la especie *T. latifolia* responde de manera favorable a la absorción de cromo sobre todo en la zona industrial posiblemente a la influencia de agentes contaminantes provenientes de las industrias aledañas donde cromo (III) para el proceso de cromado, elaboración de colorantes, pigmentos y preservación de madera. Con los estudios comparados aún hace falta una normativa que pueda establecer sus límites en el aire y definir si contamina.

En la zona urbana la emisión de cromo no es alta, ya que no es una área de producción industrial pero si existen algunos establecimientos donde se trabaja en el mantenimiento de maderas, en productos anticorrosivos, en la manipulación de vidrio y en el proceso de soldadura, muchos de estos lugares no mantienen un adecuado control de la posible contaminación por partículas al aire a su alrededor, Mejía, (2016), indica que la acción irritante de sales de cromo puede provocar cuadros inflamatorios a las vías respiratorias, hasta cuadros de asma bronquial y alergias.

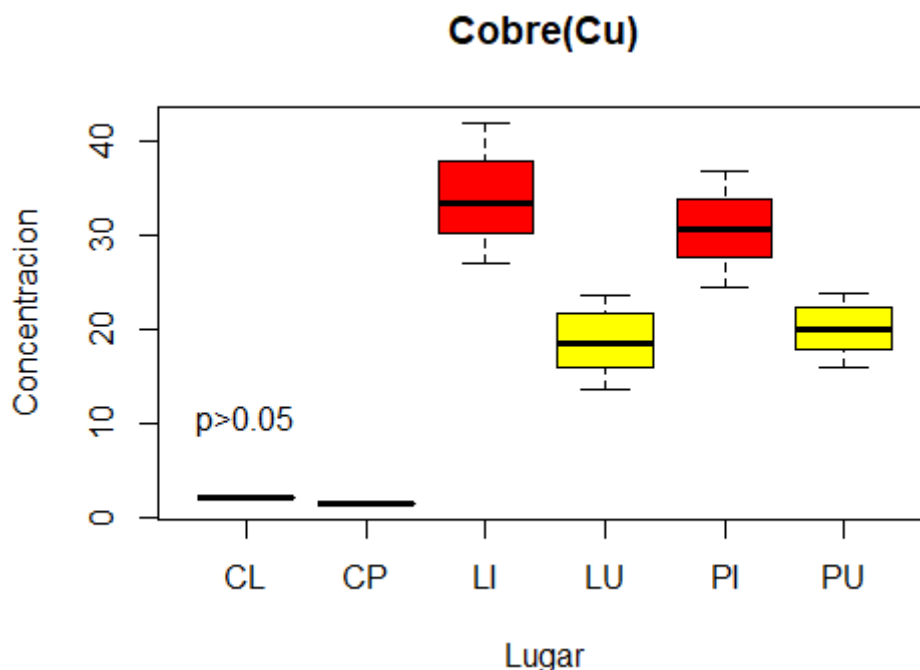
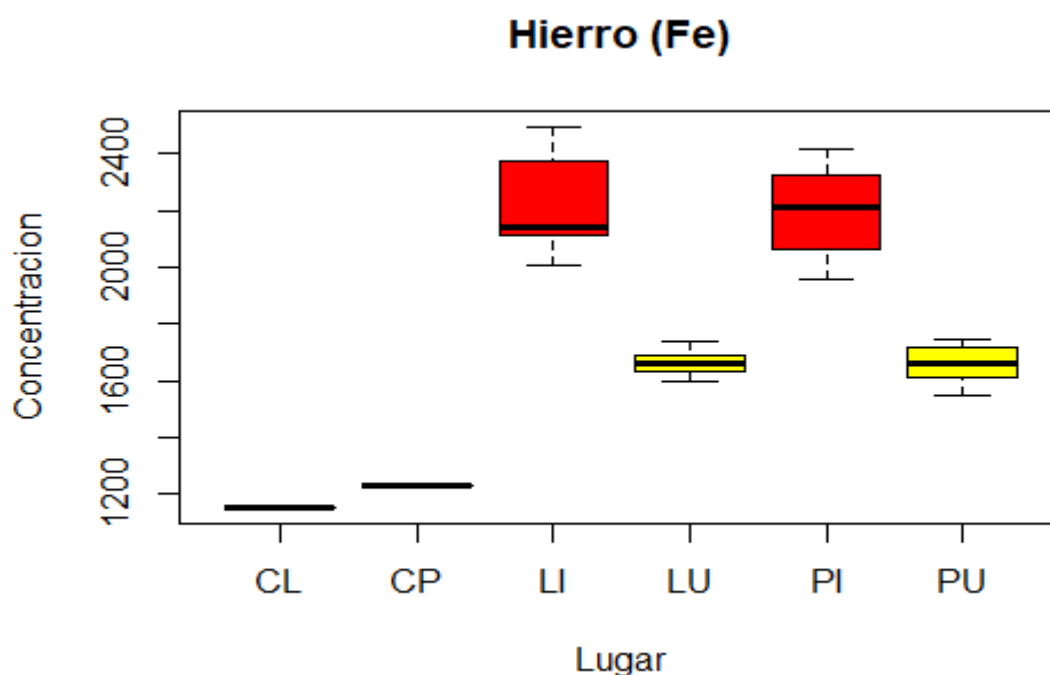


Figura 23: Resultados de concentración de Cu de ambas áreas y muestra control

En cuanto a los resultados del Cobre sus valores para el biomonitor *T. latifolia* se registró en LU 18.64 mg/kg es LI es 34 mg/kg, y con el biomonitor *T. purpurea* en PU es 20.03 mg/kg y en PI es 30.30 mg/kg, el empleo del primer biomonitor demuestra que absorbió más Cu en las zonas industriales y en cuanto a la muestra control sus resultados para el CP 14.38 mg/kg y CL 16.79 mg/kg, ambos controles según el boxplot son resultados mínimos por debajo de los primeros cuartiles de todas las zonas monitoreadas. Los estudios de Paoli et al., (2015) quien se fundamentó en 15 elementos como: (Cd, Cr, Al, Ca, As, Cu, Mn, Hg, Fe, Ni, S, Pb, Ti, V, Zn) quien a su vez realizo el trasplante menciona que el Cu está asociado al polo de cemento mencionando también a (Gabriela A. Abril et al., 2014; Cuadrado, 2011), quien uso como biomonitor líquenes en una planta cementera donde menciona que la fuente de contaminación atmosférica y encontró valores de cobre, cuyo origen se puede atribuir al uso de pesticidas. Lagos, (2005) menciona algunas fuentes antropogénicas del cobre como las emisiones de las actividades mineras de depuración o de las industrias metalúrgicas que producen o emplean cobre, zinc, plata, oro y plomo; además la incineración de basuras en las zonas urbanas y la producción de energía a través de la combustión de carbón.

En el caso de plantas en general, los autores (Paoli et al., 2016; Méndez & Armienta, 2012), indican que un valor de 20-30 mg kg<sup>-1</sup> están presentes dentro de los tejidos de las plantas, y comienzan a observarse síntomas de toxicidad, particularmente en las raíces, dentro de las características físicas de los biomonitores estudiados también se observó cambios similares en las partes inferiores de las tillandsias, además de estar deshidratadas la mayoría de especies. La razón por la que en la zona industrial se encuentra con altas concentraciones de Cu es debido según Corral, (2013) al gran aporte de la industria eléctrica, electrónica y también desechos almacenados en terrenos llenos a aparatos electrónicos, cables, alambres entre otros además de una posible influencia del uso de sales de cobre en elaboración de fungicidas, en la zona urbana la mayor parte de Cu liberado a la atmosfera es debido al tráfico rodado según el reporte del Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y Mejía, (2016) Las concentraciones son muy bajas en las muestras control y tiene relación porque su ubicación de donde fueron colectadas tiene limitada frecuencia de transporte y no existe industrias aledañas.



*Figura 24:* Resultados de concentración de Fe de ambas áreas y muestra control

En el caso del hierro las medias analizadas para los biomonitores LU el resultado es 1669.24 mg/kg y en LI es 2236.40 mg/kg, a diferencia de los resultados para el PU es 1657.29 mg/kg y para PI es 2200.63 mg/kg donde se puede observar la misma tendencia de los metales anteriores al señalar que le biomonitor *T. latifolia* retiene concentraciones más altas en las dos zonas de estudio,

por otro lado las cifras para la muestra control son para el CP de 1234 mg/kg y para el CL de 1154 mg/kg de Fe concentrado, ambos valores son bajos en comparación a los de los puntos de monitoreo ya que no alcanzan a los primeros cuartiles de las muestras biomonitorizadas. Discusiones: estudios realizados Nakazato et al., (2016) donde sus concentraciones medias fueron excedidos los niveles normales de 1.25 -1.75 también considerado como marcador adecuado para fuentes de contaminación atmosférica. Ramírez et al., (2008), con *T. usneoides* en casco urbano para la captación de Mg, Fe, Ca y Cu del valle de Aburrá donde sus resultados fueron elevados en Fe casco urbano de 5637.621 al noveno mes de biomonitorio en el caso de este estudio se dio en la zona industrial siendo lo más alto de 2236.40 con el biomonitor LI durante los tres meses de biomonitorio las muestras control están por debajo de ambas zonas biomonitorizadas. El Fe en ambas zonas pueden provenir de minerales y las emisiones producto del polvo transportado del suelo de procesos de fundición que existen en estas zonas, tal es el caso de la zona industrial la existencia de canteras y la refinera en la zona urbana presencia la información realizada Arroyo, (2016), el Fe no es considerado buen conductor de la electricidad como lo es el Al, puede unirse a la mayoría de los no metales es usado en forma de acero o fundición, soldaduras alambres pernos y tubos entre otros por ello es utilizado en la industria en fabricación de automóviles y productos magnéticos son explotados en la minería canteras.

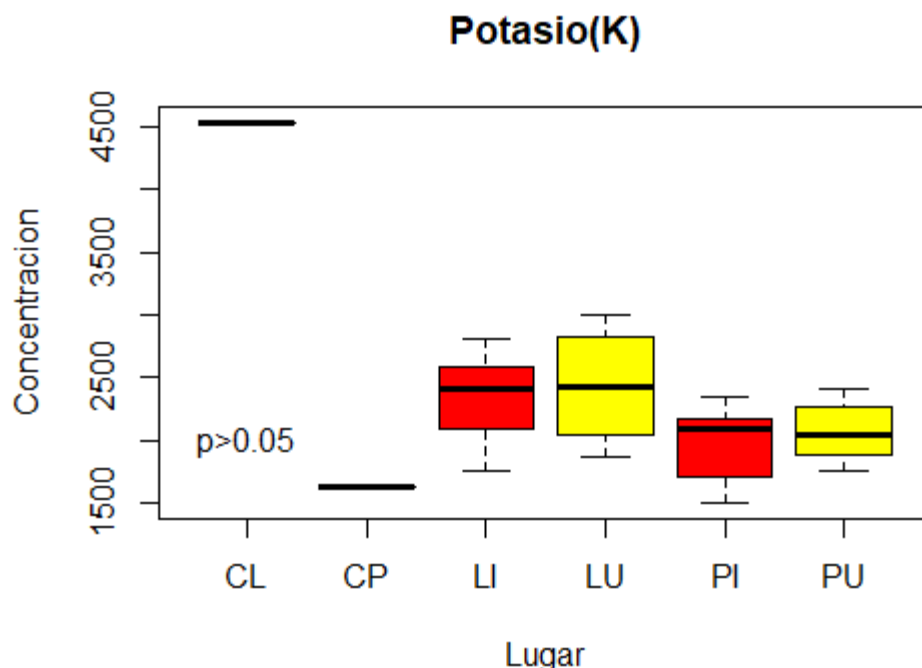


Figura 25: Resultados de concentración de K de ambas áreas y muestra control

Por otra parte, el Potasio teniendo como resultado las medias del biomonitor *T. latifolia* donde LU concentro 2416.11 mg/kg y LI concentro 2231.01 mg/kg de K, además sin mucha diferencia los valores para las medias del biomonitoreo con *T. purpurea* en PU es 2080.47 mg/kg y en PI es 1984.05 mg/kg, asimismo los resultados de la muestra control para el CP concentro 1620 mg/kg de K y con un caso particular la concentración de potasio para el CL es de 4534 mg/kg excediendo los demás valores. Los biomonitores LU y LI son los que mantuvieron el nutriente, pero por debajo del CL a diferencia del PU y PI el potasio (K) están por encima del CP, es un elemento presente en la fabricación de fertilizantes en sus formas de cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio, en la industria alimentaria, cerveza y vino. Así muestran los estudios de que es un macro nutriente de la planta Pellegrini et al., (2014) en su estudio con *tillandsia usneoides* (L) adquirió un rango de 10 a 100 EF para K As, Ba Ca, Mg, Na, Ni b y Sr nuestros resultados sobrepasan sus rangos para Barcelonesa, (2019). Posiblemente están presentes en altas cantidades en áreas industriales como fábricas de fertilizantes

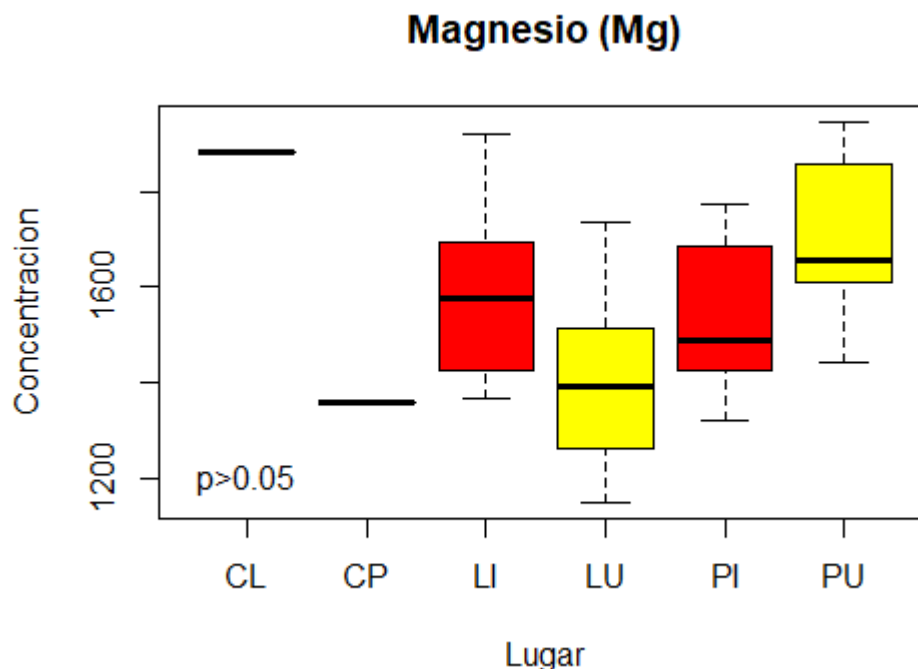


Figura 26: Resultados de concentración de Mg de ambas áreas y muestra control

Continuamos con las medias del magnesio analizadas para el biomonitor *T. latifolia*, donde el resultado para LU es 1382.90 mg/kg y para LI es 1581.29 mg/kg, de la misma forma los valores para PU es 1700.40 mg/kg y para PI es 1543.90 mg/kg; teniendo en cuenta que los datos para las muestras controles de los biomonitores *T. purpurea* y *T. latifolia*, son respectivamente para CP 1357 mg/kg sin embargo el resultado del CL 1482 mg/kg de Mg concentrado, es un valor dentro del rango de los valores en los puntos de biomonitorio como se muestra en el gráfico, estudios realizados por Pellegrini et al., (2014a), adquirió rangos de 10 a 100 EF usando como biomonitor *Tillandsia usneoides* (L), demuestran que el Mg está presente en la corteza terrestre y re-suspendido en el polvo, sus principales fuentes antropogénicas en el estudio en el valle de Aburrá se empleó *T. usneoides* para el monitoreo del aire donde el valor de Mg fue de 20876.4  $\mu\text{g Mg/g}$  planta como valor máximo, indican que probablemente provienen de las industrias alimenticias Lazo et al., (2019) como se puede encontrar también en la zona industrial de Cajamarquilla, existe mucha afinidad por este metal por el biomonitor *T. latifolia* sobre todo se concentra altas cantidades en la zona industrial y el control CL también es relativamente alto en comparación al CP, posiblemente por emisiones de polvo de abrasión de los motores de auto.



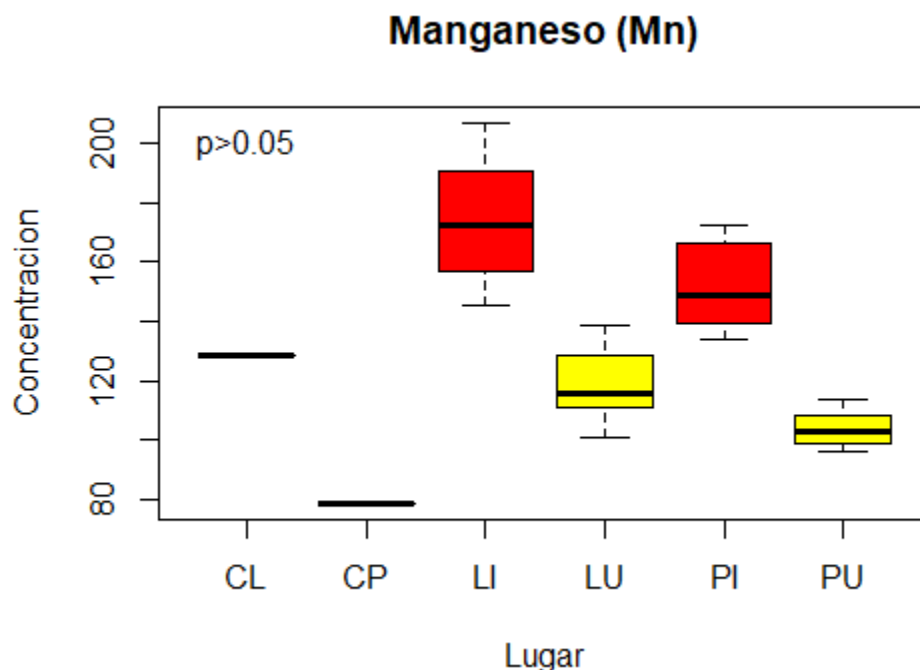


Figura 27: Resultados de concentración de Mn de ambas áreas y muestra control

En cuanto al manganeso las medias encontradas en el grafico muestra que el biomonitor *T. latifolia* concentro para LU la cantidad de 119.14 mg/kg y para LI 173.88 mg/kg de Mn, sin mucha diferencia para el biomonitor *T. purpurea* en PU es 103.79 mg/kg y para PI es 152.54 mg/kg, solo para la muestra control CP acumulo 78.7 mg/kg de Mn que es menor a todos los resultados del primer cuartil, esto es todo lo contrario con el resultado obtenido para la muestra control del biomonitor *T. latifolia*, CL, la media es de 128.6 mg/kg de Mn pero en la gráfica demuestra que este dato es relativamente mayor a las medias de la zona urbana en LU y PU pero alcanzan los valores del primer cuartil analizados en LI ni PI. La investigación de (Arroyo, 2016; Paoli et al., 2016), indica que manganeso no se encuentra libre en la naturaleza. En la zona industrial puede ser expulsado al ambiente por aplicaciones en aleaciones en la industria minera como indica Pellegrini et al., (2014c), su mineral más importante es el dióxido, pirolusita  $MnO_2$ , por sus propiedades oxidantes es empleado para blanquear el vidrio ennegrecido por diversas materias carbonosas, también se empleado para elaboración de fertilizantes ya que este metal es un oligoelemento esencial para las plantas en parques como el de Chosica en la zona urbana, además influencia las emisiones para Bedregal et al., (2014), quien obtuvo resultados altos en Mn utilizando *Usnea* sp. y *Tillandsia capillaris*. Actualmente no tenemos legislación peruana que regularice el manganeso en el aire; en cuanto a los valores de las Tillandsias controles se muestra que no son bajos, esto quiere

decir que la planta vino con valores ya significantes, posiblemente porque en su medio natural estaban expuesto a fertilizantes empleados en el campo sobre todo la *T. latifolia*, pero la *T. purpurea* su mayor fuente de posible exposición es la carretera ya que está alejada de cultivos.

El Mn en el área industrial, esto debido a las actividades ya mencionadas. Nos respalda la investigación en Lurigancho de Bedregal et al., (2014), con resultados altos en Mn utilizando *Usnea* sp. y *Tillandsia capillaris*.

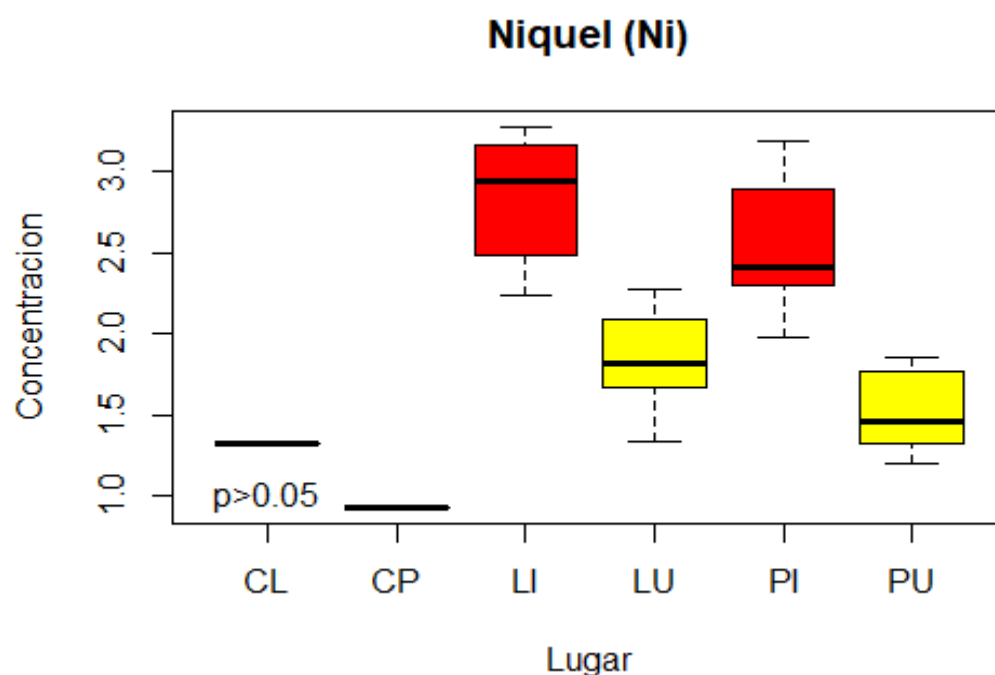


Figura 28: Resultados de concentración de Ni de ambas áreas y muestra control

En cuanto al níquel el dato de las medias del biomonitor *T. latifolia* donde LU es 1.86 mg/kg y en LI es 2.82 mg/kg, de manera similar el biomonitor *T. purpurea* en PU concentro 1.51 mg/kg y en PI fue de 2.57 mg/kg registrado, los resultados de la muestra control CP es 0.93 mg/kg y el control, CL es 1.33 mg/kg, se encuentra entre los rangos del límite inferior del boxplot del LU y el primer cuartil del PU, los estudios de (Castañeda Miranda et al., 2016; Palacios, 2010; Aragón-Piña et al., 2006), adquirió correlaciones directas entre 0.42 y 0.15 a un nivel de 0.01 para el níquel presenta las mayores concentraciones en las zonas industriales como pudo analizar la mayor parte

del níquel se usa para fabricar acero inoxidable es un metal que puede combinarse con el hierro, cromo, zinc cobre para la formación de aleaciones se usan en fábrica de joyería, monedas y válvulas de intercambiadores de calor, aceros inoxidable así mismo los estudios brindados por Antonio Aragón sobre las influencia de emisiones industriales en el polvo atmosférico de la ciudad de San Luis de Potosí encontró partículas ricas en níquel en la zona industrial producto de la quema de combustóleo constituidas por carbón y azufre con traza de níquel y vanadio por la salida de gases y combustión de una fundidora de bronce esto hace que la presencia de las ladrilleras y el horno existente de la refinería sea una influencia de la presencia del traza níquel ya que en la zona industrial del biomonitorio es donde mayor acumulo los biomonitores demostrando así la presencia de dicha traza por encima de la zona urbana y los controles .

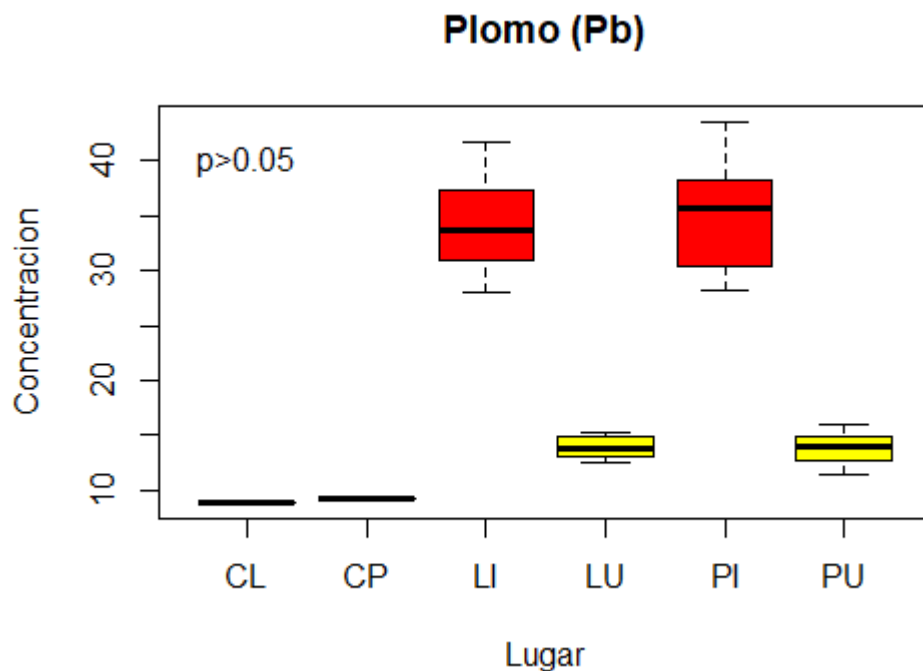


Figura 29: Resultados de concentración de Pb de ambas áreas y muestra control

Por otro lado los valores de las medias del plomo analizado en el biomonitor *T. latifolia* donde LU registró 13.92 mg/kg y en LI es 34.14 mg/kg de Pb, con valores similares los biomonitores *T. purpurea* se registró las medias en PU es 13.80 mg/kg y en PI es 34.82 mg/kg se puede apreciar que le biomonitor *T. latifolia* retiene concentraciones más altas en las dos zonas de estudio industrial; de forma semejante los datos de la muestra control fueron en CP 9.13 mg/kg y en CL

8.86 mg/kg donde se observa en la gráfica que estos valores son menores a todos los resultados, sus valores no alcanzan a los primeros cuartiles de cada zona biomonitorizada vista en el boxplot. Los estudio dado por (Bedregal et al., 2014; Regal & Doria, 2015; Palacios, 2010), se encuentra distribuido en el ambiente provenientes de actividades como la minería, la manufactura industrial quema de combustibles fósiles, usados en fábricas e baterías, soldaduras cañerías, pinturas y cerámicas así mismo, Roig et al., (2010) en su estudio con líquenes como biomonitor tiene en su muestra blanco o control 47.15 ppm y liquen *Lecanora* 68.97 ppm en nuestro estudio se demuestra que en la zona industrial es donde mayor acumulación de Pb esto probablemente a la presencia de la refinería.

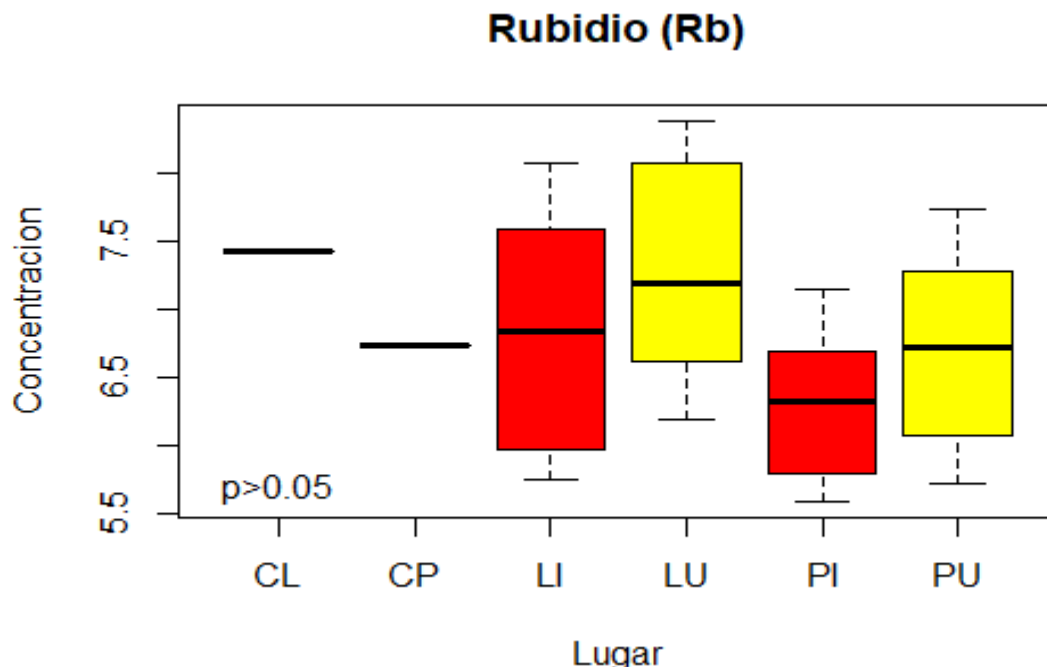


Figura 30: Resultados de concentración de Rb de ambas áreas y muestra control

Las concentraciones medias del rubidio analizado en el biomonitor *T. latifolia* para LU es 7.29 mg/kg y para LI es 6.83 mg/kg, en comparación a los biomonitores *T. purpurea* PU es 6.70 mg/kg y PI es 6.32 mg/kg no se puede percibir una gran diferencia entre las medias, sin embargo si es notorio que el biomonitor *T. latifolia* es quien concentró valores más altos en las dos zonas estudiadas; en el caso de este metal son similares los datos de la muestra control CP 6.74 mg/kg y CL 7.42 mg/kg ya que se encuentra en el rango por encima del tercer cuartil de PU y PI ,además sobrepasa la mediana de LU y LI. Las emisiones de Rb provienen de empresas de fabricación

pinturas, ladrillos, cerámicas, vidrio y caucho, combustión de carbón y petróleo. Los daños a la salud son debilidad muscular, hipertensión, problemas en intestinos y pulmones.(Gabriela Alejandra Abril, 2014; Roig et al., 2010), hace referencia elementos como V, Rb y Sr están presentes en el ambiente porque probablemente se deba a la elevada porosidad del ladrillo alrededor de su estudio en valencia

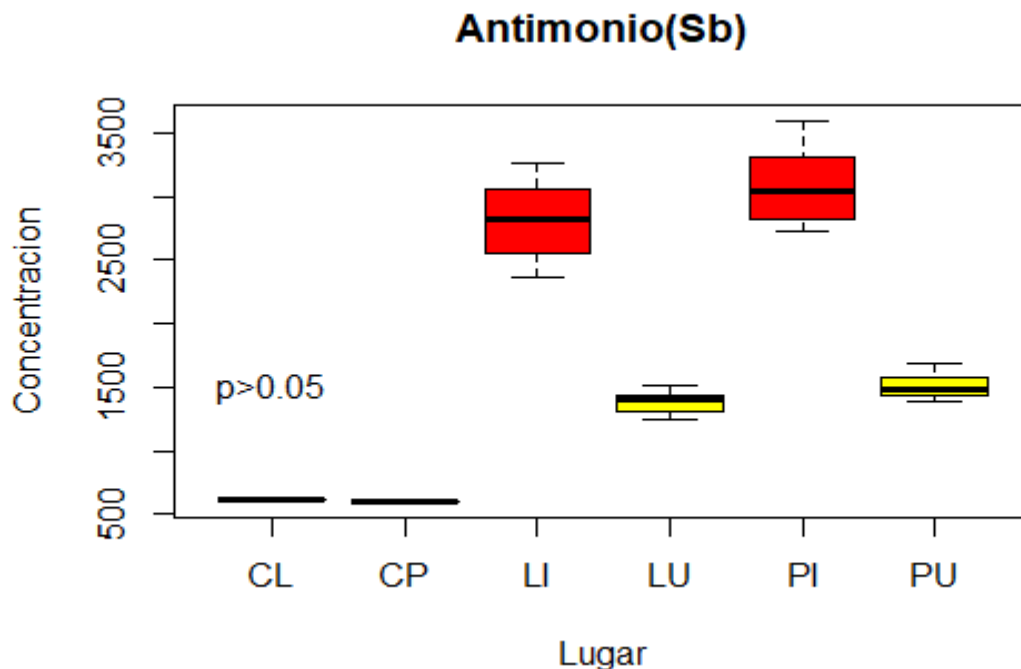


Figura 31: Resultados de concentración de Sb de ambas áreas y muestra control

Los resultados para el metal antimonio (Sb) en la gráfica se puede describir que sus valores para sus medias analizadas en la especie del biomonitor *T. latifolia* fueron las siguientes; para el LU es 1384.92 mg/kg y para LI es 2822.29 mg/kg, en cuanto al biomonitor *T. purpurea* en PU se concentró 1515.90 mg/kg y en PI es 3089.65 mg/kg de Sb, como se aprecia el grafico el biomonitor *T. purpurea* demostró concentrar más Sb en las zonas industriales, los resultados de medias en la muestra control de CP fue 601 mg/kg y para CL 610 mg/kg, estos datos son mínimo en comparación a los demás de cada zona ya que no superan los primeros cuartiles de LU, LI, PI o PU. En estudios en áreas urbanas se encontraron valores altos de Sb con líquenes como bioindicadores del contenido de metales pesados en el entorno de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, se atribuyó su elevada concentración relacionada a la importante industria de cerámica y de la construcción existente en Valencia (Bedregal et al., 2014; Louis Kwame Boamponsem,

2016a). Además es una de las materias primas para la fabricación de vidrio Vega Viña, (2016). Las fuentes en el caso del Sb se emplean en cerámica, metales de uso del revestimiento del cableado, por su alta aglomeración debido a la industria de construcción actual en Huachipa. Este metal es transportado por el viento desde los campos y desde las fábricas de automóviles, de cerámica hasta las viviendas aledañas, donde los biomonitores los absorben y acumulan. En la zona urbana es usual del empleo de la pirotecnia, los compuestos de Sb pueden ser expulsados durante la manipulación de cerámicas y productos de vidrio, pigmentos para pinturas, luces fluorescentes y medicamentos según Lenntech, (2019a). El estudio de Bedregal et al., (2014), con biomonitores en la zona urbana indica que se debe altas cantidades de antimonio a causa de las emisiones de vehículos del parque automotor en los distritos de Callao y Ate en Lima emitiendo arsénico, cadmio, cobre, plomo, selenio y zinc dejando en visto la existencia de contaminación antropogénica.

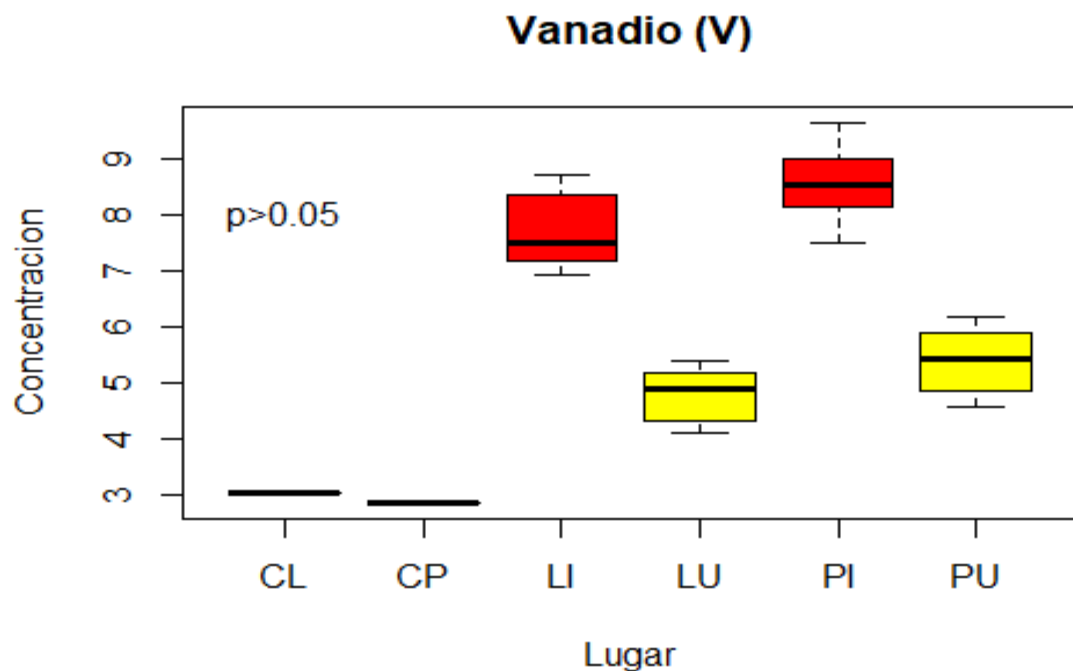
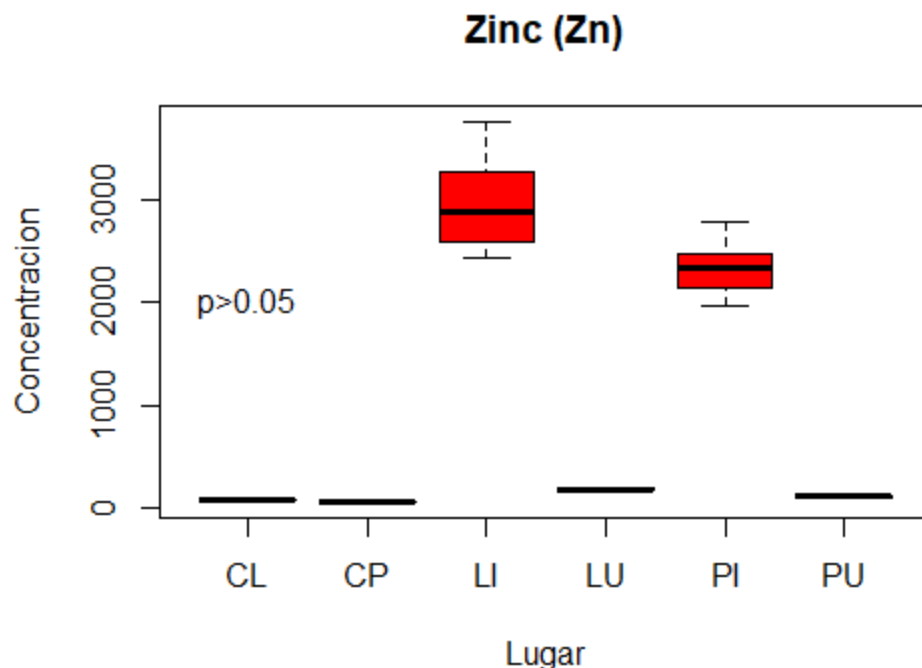


Figura 32: Resultados de concentración de V de ambas áreas y muestra control

De manera similar se observa el boxplot del vanadio con el biomonitor *T. latifolia* donde LU es 4.78 mg/kg y en el caso del LI es 7.74 mg/kg, sin tanta diferencia para PU es 5.37 mg/kg mientras para el PI es 8.60 mg/kg de V concentrado, el análisis de las muestras controles señala que el CP registra 2.87 mg/kg y el CL 3.03 mg/kg de vanadio, estos valores también son muy bajos

comparados a los demás de las zonas biomonitorizadas ya que no se acercan al primer cuartil de los diagramas de cajas estudiadas los estudios de Doria Argumedo & Fagundo Castillo, (2017), indican que la emisión del vanadio en la industria proviene de la combustión de carbón y petróleo, en la zona de Huachipa donde es utilizado en la fabricación de acero, caucho, plásticos, cerámica, algunos productos químicos y también en los combustibles derivados del petróleo según (González, 2018; Roig et al., 2010), menciona al ladrillo como causa de elevadas concentraciones de algunos elementos como Mn, Ba que pueden contener en el proceso de fabricación de ladrillo y por ende su alta concentración en la zona industrial; y elementos como V, Rb y Sr que probablemente se deba a la elevada porosidad del ladrillo. A diferencia de la zona urbana donde puede apreciarse según el cuadro que la presencia del V es mucho menor ya que es un ambiente con menor carga de emisiones industriales, pero si puede haber influencia de combustión de residuos y carbón dispersados de lugares aledaños. Los controles también son muy bajos ya que su ambiente natural está más libre de posibles fuentes contaminantes.



*Figura 33:* Resultados de concentración de Zn de ambas áreas y muestra control

Por último, los análisis del zinc en LU es 177.70 mg/kg y para LI es 2980.54 mg/kg, mientras las concentraciones evaluadas del otro biomonitor son respectivamente en PU es 114.76 mg/kg y en PI es 2342.06 mg/kg de Zn concentrado, en cuanto a las muestras controles sus resultados son en el caso del CP 60.47 mg/kg y para el CL 83.99 mg/kg, así mismo estos datos aumentaron en

gran cantidad en la zona industrial. Se muestra claramente los elevados contenidos de Zn en la zona industrial donde las emisiones de las principales industrias aledañas como la refinera de zinc, resultados de la evaluación de contaminación atmosférica en Callo y Ate por Bedregal et al., (2014) utilizando *Tillandsia capillaris* como biomonitor evidenciaron contaminación antropogénica con arsénico, cadmio, cobre, plomo, antimonio, selenio y zinc, debido a emisiones vehiculares e industriales: los procesos de combustión del carbón, el empleo de vehículos motorizados para el transporte y las fundiciones de Zn, Cd y Pb en las zonas estudiadas por su valor más alto es de  $560 \pm 30 \text{ mg/Kg} \pm U$ , 95% aproximadamente en Callo mientras nuestro resultado promedio son más elevados  $2980.54 \text{ mg/Kg}$  quedando en evidencia que existe contaminación en el área, en la zona urbana los niveles más altos de deposición de Zn se relacionaron con el tráfico por (Aguilera, 2018a; Bernasconi et al., 2000), cuando liberan al ambiente por el desgaste de los motores de vehículos, la abrasión y quema de los neumáticos como lo menciona Bernasconi et al., (2000), libera metales tóxicos como plomo, cadmio y zinc tanto en el trabajo de (González, 2018; Ghirardi et al., 2011), con líquen *Parmelia caperata* y *T. recurvata* como bioindicadores de en la ciudad de Santa Fe como en este se describe a los controles de Zn con concentraciones bajas en la zona urbana. confirma que la fundición de Zn tiene un fuerte y negativo impacto en la atmósfera de esta zona. Schreck et al., (2016) quien expuso plantas de *T. capillaris* encontraron Pb, Sb, Sn y Zn en altas concentraciones alrededor de la Planta de Fundición en Bolivia.

Los resultados mostraron que los lugares de muestreo/trasplante tuvieron una clara influencia en la concentración. En el área urbano, los valores de concentración más altos se encontraron para Ba, Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Rb y Zn en *T. latifolia*; Al, As, Co, Cu, Mg, Sb y V en *T. purpurea*. En el área industrial, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Rb y Zn mostraron concentraciones más altas en *T. latifolia*, mientras que Al, Cd, Pb, Sb y V en *T. purpurea* la mayoría de los elementos mostraron los valores de concentración más altos en el área industrial que en el área urbana (con excepción del Ba, Ca, K y Rb), la *T. purpurea* mostró un comportamiento similar con mayor concentración para la mayoría de los elementos encontrados en el área industrial que en el área urbana (a excepción del Ba, Ca, K y Mg). Así, las concentraciones más altas de la mayoría de los elementos se encontraron en el área industrial que en el área urbano para ambos biomonitores, a excepción de Ba y Ca que mostraron valores de concentración más altos en el área urbana.



Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las concentraciones medias de las muestras control y los sitios de trasplante. Asimismo, se observaron diferencias en las zonas urbanas e industriales. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para la mayoría de los elementos (con excepción Co, K y Rb) entre biomonitores en la misma área (área urbana o industrial).

De este modo se muestra la matriz de las correlaciones de los biomonitor *T. purpurea* (PI y PU), *T. latifolia* (LI y LU) de los 18 elemento traza biomonitoreadas en las dos áreas. Mostrando así la similar o misma fuente de contaminación entre los elementos traza que contienen fuerte correlación

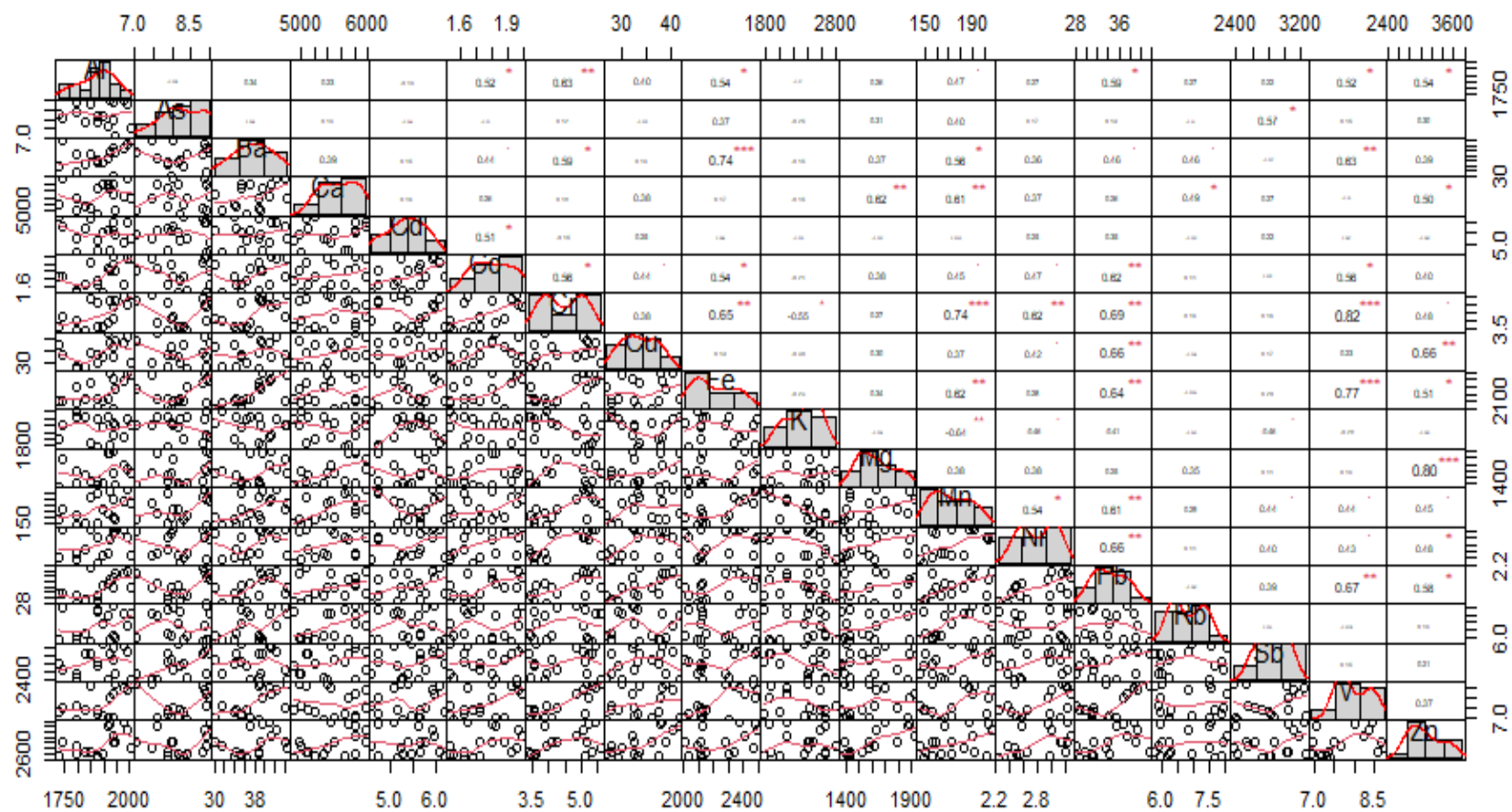


Figura 34: Correlación entre elementos traza ZI con el biomonitor *T. latifolia*

En efecto la figura 34 muestra los valores de correlación más fuerte en la zona industrial con el biomonitor *Tillandsia latifolia*, donde el Bario con hierro mantiene una correlación de 0.74, esto muestra una correlación lineal positiva y relación muy fuerte una similar fuente de contaminación. Igualmente, la correlación de Cr con Mn de 0.74 es lineal positiva y relación fuerte, así mismo con el V 0.82. la correlación de Fe con V de 0.77 correlación lineal positiva débil, también existe correlación de Mg con Zn 0.80 correlación lineal positiva muy fuerte indicando así que son una correlación positiva entre los metales que guardan una correlación media (\*\*) y fuerte (\*\*\*), Mientras que existen otros metales que definitivamente no se relacionan entre sí por eso presentan unos valores muy lejanos a la unidad ya no presentan el asterisco (\*) en la gráfica. Goddard, Williams, Robins, et al., (2019), quien toma de referencia a Sb, Ba, Cu, Zn y Fe concurrentes dispersos por partículas vehiculares no agotables. Para Lenntech, (2019a) y Perez et al., (2008), menciona que la emisión derivada del desgaste de frenos, ruedas del incrementado del uso de vehículos causa los niveles de metales traza como cobre, antimonio, estaño, manganeso, zinc y bario.

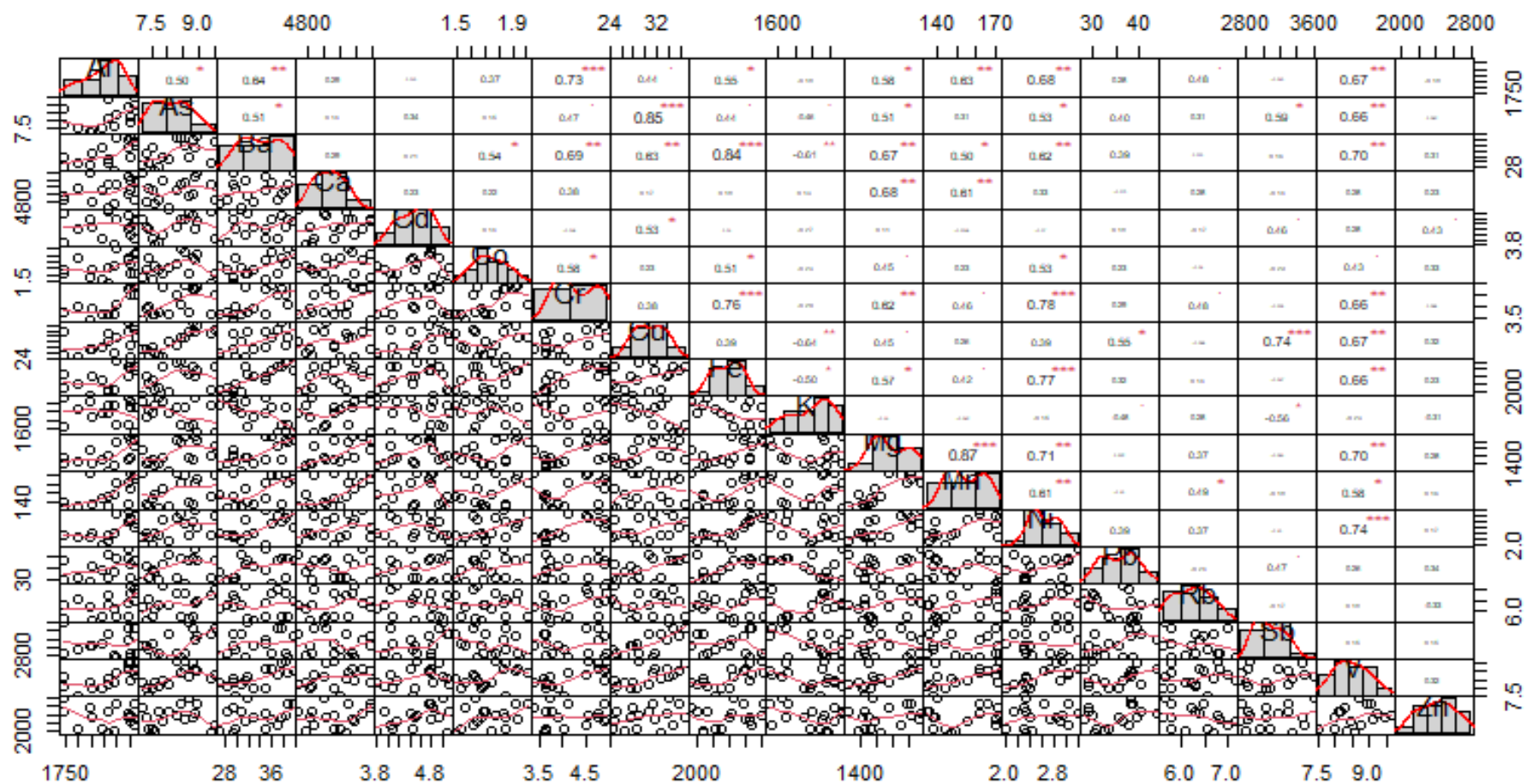


Figura 35: Correlación entre elementos traza ZI con el biomonitor *T. purpurea*

En la figura 35 muestra los valores de correlación más altos y similar fuente de contaminación en la zona industrial y empleando el biomonitor *Tillandsia purpurea* donde el Al con Cr 0.73 positiva no lineal, pero monótona, As y Cu tiene una correlación de 0.85 lineal positiva muy fuerte, a la vez el Cu mantiene correlación con antimonio de 0.74 lineal positiva fuerte. Según Lenntech, (2019a) el arsénico forma parte por lo general de los minerales de cobre, plata y plomo, es por eso que si se encuentra relación entre el cobre y el antimonio en la zona monitoreada. La siguiente correlación es entre el bario y hierro también lineal positiva muy fuerte de 0.84, también existe correlación del hierro con el níquel de 0.77 lineal positiva muy fuerte y con el cromo de 0.76, con respecto al níquel lineal positiva fuerte, guarda correlación con el vanadio de 0.74 y el níquel con el cromo de 0.78 y por último la correlación del cromo con el arsénico es de 0.73 lineal positiva fuerte, estas son las correlaciones que se acercan más a la unidad. Por esa razón cuando el bario mantiene valores altos también habrá altas cantidades de hierro, cromo y níquel. Mientras que existen otros metales que definitivamente no se relacionan entre sí por eso presentan unos valores muy lejanos a la unidad y no presentan el asterisco (\*) en la gráfica.

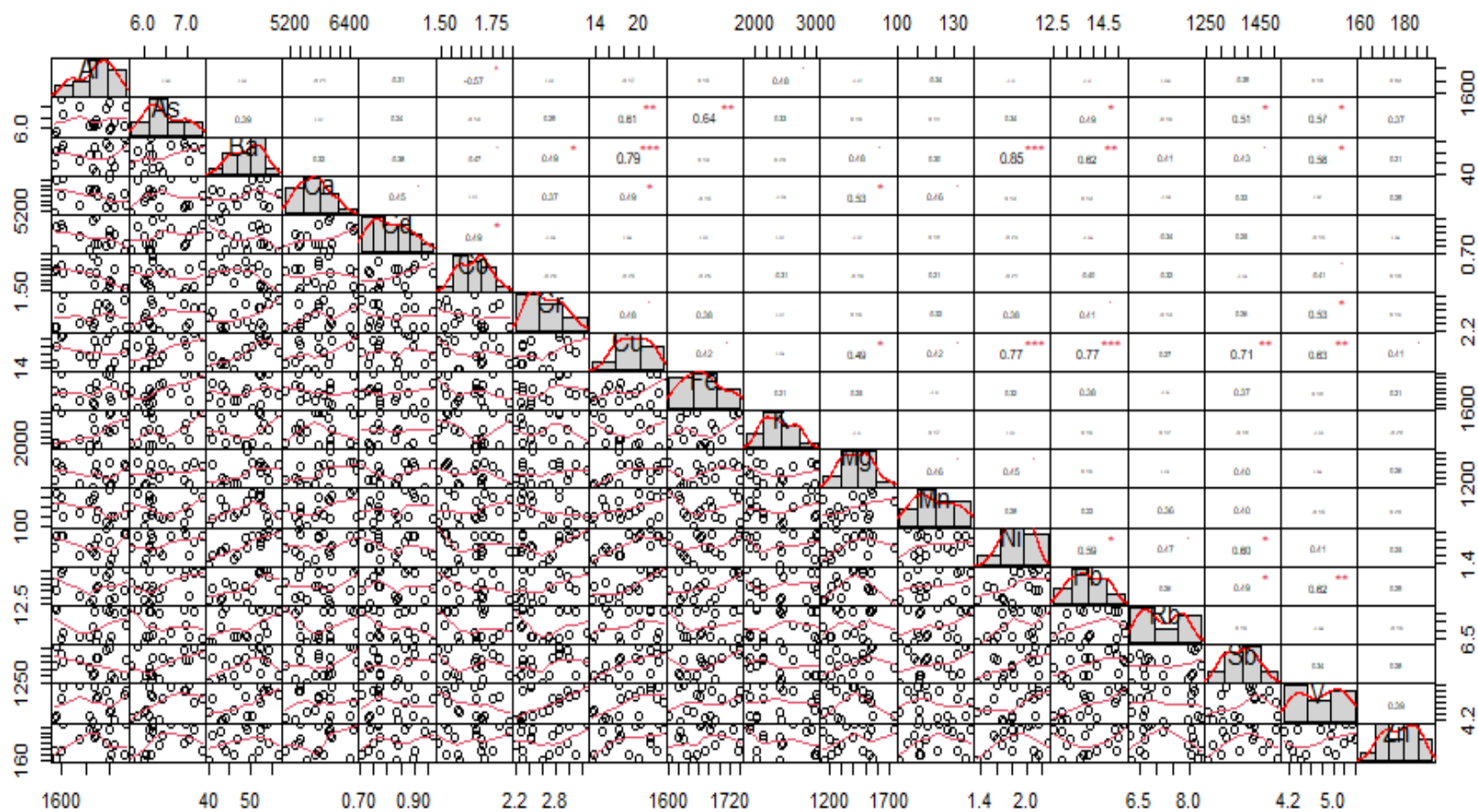


Figura 36: Correlación entre elementos traza ZU con el biomonitor *T. latifolia*

Como podemos apreciar en la figura 36, los valores del bario y níquel tiene una correlación de 0.85 presentan relación lineal positiva muy fuerte, esto quiere decir que si aumenta el bario también el níquel incrementará, además el Ba tiene una correlación de 0.79 con el cobre también relación muy fuerte lineal positiva. También existe correlación del níquel y cobre de 0.77 lineal positiva relación fuerte, la misma correlación para cobre y plomo lineal positiva fuerte, estas son las correlaciones más fuertes por lo cual son directamente proporcionales. Según (Bedregal et al., 2014; Louis Kwame Boamponsem, 2016b; Pérez et al., 2008), en zonas urbanas la emisión por desgaste de frenos y ruedas del excesivo parque automotor ha causado que los niveles de metales como bario, cobre, antimonio, estaño, manganeso y zinc. Entre los metales que guardan una correlación media (\*\*) con respecto al cobre mantiene correlación de 0.71 con antimonio, de 0.63 con vanadio y de 0.61 con arsénico, también este último metal tiene una correlación con hierro de 0.64, mientras que existen otros metales que definitivamente no se relacionan entre sí por eso presentan unos valores muy lejanos a la unidad y ya no presentan el asterisco (\*) en la gráfica.



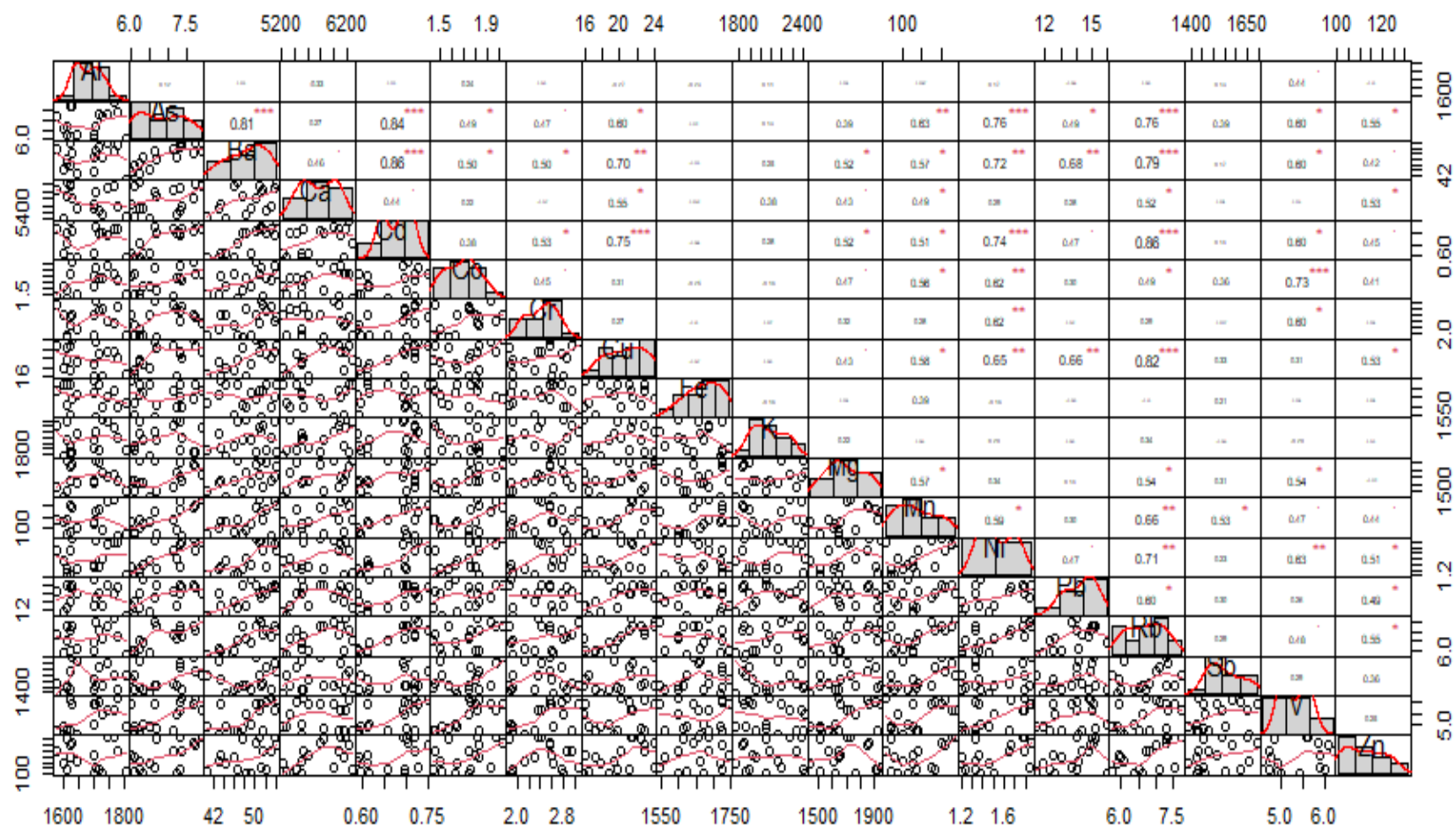


Figura 37: Correlación entre elementos traza ZU con el biomonitor *T. purpurea*



En efecto la Figura 37 muestra los valores más altas de correlación de la zona urbana con el biomonitor *purpurea*, donde el As con Ba tienen una correlación positiva no lineal muy relación muy fuerte de 0.81, también existe correlación As y Cd de 0.84 lineal positiva muy fuerte, para As con Ni de 0.76 lineal positiva muy fuerte, igualmente As con Rb de 0.76 lineal positiva fuerte, existe una correlación positiva entre los metales que guarda una correlación media (\*\*) y correlación baja o débil (\*) mientras que existen otros trazas que definitivamente no se relacionan entre si representan valores muy lejanos a la unidad y no son representados con el asterisco en la gráfica. Para BNamericas, (2020), estos trazas son provenientes de las mismas fuentes o similares en su investigación. Por una parte, la correlación de Ba con Cd de 0.86 lineal positiva relación muy fuerte, Ba con Rb de 0.79 lineal positiva relación muy fuerte la correlación diferencia de Ba con Cu de 0.70, Ni de 0.72 y Pb de 0.68 existe una correlación media. Por otra parte, la correlación del Cd con Cu de 0.75, con Ni de 0.74 y con Rb de 0.86 son lineal positiva muy fuerte. La correlación del Co con Ni 0.62 es media, a diferencia de Co con V de 0.73 correlación lineal positiva lineal fuerte. Los valores de correlación donde el Cr con Ni de 0.62 es media, así mismo para los valores de correlación para el Cu con Ni es 0.65 y Pb es 0.66 media a diferencia del Cu con Rb que tienen 0.82 lineal positiva relación muy fuerte.

En tal sentido para los valores de correlación del Mg con Rb es 0.66 media así mismo los valores de correlación del Ni con Rb es 0.71 y V de 0.63 es media.

## 5 CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- ❖ . Se biomonitorizó 18 elementos trazas para realizar el primer reporte sobre el nivel de contaminación del aire en un área urbana e industrial de Lurigancho Chosica, utilizando dos especies de tillandsias *T. purpurea* y *T. latifolia* como biomonitores.
- ❖ Se analizó la concentración media,  $\pm$  desviaciones estándar (DE) y resultados ANOVA de los elementos medidos (Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, V, y Zn) en *T. latifolia* y *T. purpurea* trasplantados en una zona urbana, zona industrial y de control. Los niveles de la mayoría de los elementos medidos en zonas trasplantadas (ZI y ZU) fueron significativamente más altos que las muestras controles, lo que confirma la capacidad de acumulación de contaminantes para ambas especies de bromelias. Este último resultado indica que ambas especies acumulan de manera similar los contaminantes.
- ❖ Razones de línea base (EB) calculadas para 18 elementos medidos en las muestras trasplantadas en la zona urbana e industrial utilizando plantas de *T. latifolia* y *T. purpurea* expuestas durante tres meses indican valores superiores a 1,75 demostrando influencia antropogénica. En la zona industrial: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, V y Zn mostraron ratios  $EB > 1,75$  para *T. purpurea*, mientras que As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sb, V y Zn para *T. latifolia*. Estos resultados indican un elevado enriquecimiento de estos elementos en las cercanías de la planta de Fundición de Zinc en ambas especies de tillandsia, demostrando ser una fuente negativa de contaminantes en la zona.
- ❖ Los resultados de ACP de muestras urbanas, que muestra tres PC que presentaban valores propios superiores a 1 y que explican el 71,91% de la variabilidad total en el conjunto de

datos. El PC1 presenta alta carga positiva para Ba, Ca, Cr, Cu, Mg, Mn, Ni, Sb, V y Zn. En el CP2 el As y Pb muestran una carga alta. El PC 3 existen cargas positivas para Al, Co y Rb. Por lo tanto, la fuente puede ser emisiones de vehículos.

- ❖ Los resultados de ACP de muestras industriales muestran cuatro PC con valores propios superiores a 1 y representan el 74,57% de la variación total en el conjunto de datos. El PC 1 muestra una carga positiva alta para Ba, Ca, Cr, Mn, Ni, V y Zn, indicando fuentes industriales y vehiculares. En Al, As, Fe y K mostraron una carga alta en el PC 2, lo que sugiere un origen natural y antropogénico. El PC 3 muestra una carga positiva para Al y Rb principalmente de polvo y tierra, que son dispersados por el viento y sedimentados en casas y caminos, mientras que el PC 4 solo muestra una carga positiva para Sb. Las comunales del conjunto de datos Al, As, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb y V muestran similitudes en el rango de 0,67 a 0,91, lo que sugiere que cada elemento distribuyó satisfactoriamente el grupo PC identificado.
- ❖ Esta investigación indica que ambas especies acumulan de manera similar los contaminantes en *Tillandsia latifolia* y *T. purpurea* tienen características similares con hojas gruesas de color verde claro que están cubiertas de tricomas.
- ❖ Se demostró que la técnica ICP -MS, puede aplicarse en muestras de tillandsias y se pudo determinar presencia de contaminantes y comparar cuantitativamente las muestras entre sí, para determinar cuál es más eficaz para un biomonitoreo.
- ❖ Los resultados del laboratorio mostraron concordancia con las actividades antropogénicas: fueron más bajos en los sectores urbanos y aumentaron en sitios periféricos con actividad minera (canteras) o industrial en Cajamarquilla.

## 5.2 Recomendaciones

- ❖ Promover a las Tillandsias como indicadores de la calidad del aire, dando a conocer un recurso de biomnitorio a menudo desconocido por la sociedad y fomentando de esa forma mayor interés por su conservación.
- ❖ Continuar con el estudio de comunidades de tillandsias, su variedad natural en nuestro territorio peruano y su cobertura en zonas menos contaminadas para un estudio similar.
- ❖ Evaluar la presencia de contaminantes en periodo de tiempo más prolongado ya que nuestro estudio fue solo de tres meses de biomonitorio.
- ❖ Motivar la concientización sobre emisión de contaminantes, especialmente de metales pesados generados por la actividad industrial en Cajamarquilla, tales actividades deben ser más controladas por parte de la municipalidad e interesados en mejorar la calidad del ambiente en Lurigancho, para evitar consecuencias negativas en la salud de la población aledaña.

## Bibliografía

- Abril, G. A., Wannaz, E. D., Mateos, A. C., Invernizzi, R., Plá, R. R., & Pignata, M. L. (2014). Characterization of atmospheric emission sources of heavy metals and trace elements through a local-scale monitoring network using *T. capillaris*. *Ecological Indicators*, 40, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.008>
- Abril, Gabriela A., Diez, S. C., Pignata, M. L., & Britch, J. (2016). Particulate matter concentrations originating from industrial and urban sources: Validation of atmospheric dispersion modeling results. *Atmospheric Pollution Research*, 7(1), 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.08.009>
- Abril, Gabriela A., Wannaz, E. D., Mateos, A. C., & Pignata, M. L. (2014). Biomonitoring of airborne particulate matter emitted from a cement plant and comparison with dispersion modelling results. *Atmospheric Environment*, 82, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.020>
- Abril, Gabriela Alejandra. (2014). *Monitoreo de la contaminación atmosférica a través del empleo de bioindicadores y modelos de dispersión de contaminantes*. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1962>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2009, October). *La toxicidad del arsénico*. ATSDR En Español.
- Agencia para sustancias Tóxicas y el registro de enfermedades, A. (2016). *Resumen de Salud Pública: Barrio*. 6 Mayo de 2016. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs24.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html)
- Aguilar, P., & Türkowsky, J. (1977). *Fauna Desertico-Costera Peruana-III: Observaciones en el Tillandsial de Cajamarquilla, Lima*. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v20/pdf/a17v20.pdf>
- Aguilera, M. (2018). *Biomonitoreo atmosférico en la provincia de San Juan: caracterización y composición de material particulado atmosférico (HAPs y metales pesados)* [Universidad Nacional de San Juan]. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/93320/CONICET\\_Digital\\_Nro.e757b837-a092-4527-bda1-66d708be2b56\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/93320/CONICET_Digital_Nro.e757b837-a092-4527-bda1-66d708be2b56_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- AirVisual. (2019). *AirVisual launches groundbreaking report and interactive web ranking in review of 2018's global air quality status*. <https://www.airvisual.com/air-pollution-information/blog/airvisual-launches-groundbreaking-report-and-interactive-web-ranking-in-review-of-2018-s-global-air-quality-status>
- Alexandrino, K., Viteri, F., Rybarczyk, Y., Guevara Andino, J. E., & Zalakeviciute, R. (2020). Biomonitoring of metal levels in urban areas with different vehicular traffic intensity by using *Araucaria heterophylla* needles. *Ecological Indicators*, 117, 106701. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106701>
- Alsiofi, L. (2017). *Arsenic and antimony speciation in atmospheric particulate matter of Andalusia*. [http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/15569/Arsenic\\_and\\_antimony.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/15569/Arsenic_and_antimony.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

nce=2

- Amable Álvarez, D. I., Jesús Méndez Martínez, L., Berta, D., Bello Rodríguez, M., Betsy, D., Fuentes, B., Libertad, L., Blanco, M. E., Rolando, L., Monzón, Z., Policlínico, I. I., Martínez, R., & Matanzas, C. (2017). *Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud Atmospheric contaminants influence on health.*
- Anze, G. R., & Romero, M. Z. (2007). *Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia Mitigation Assessment of Guyana-Supporting the NDC implementation View project NDC Implementation View project.*
- Aponte, H., Cano, A., Antigua Carretera Panamericana Sur km, A., El Salvador Lima, V., & Bejarano, M. (2013). Estudio florístico comparativo de seis humedales de la costa de Lima (Perú): actualización y nuevos retos para su conservación. *Revista Latinoamericana De Conservación*, 3(2), 15–27.
- Aponte, H., & Flores, J. (2013). Densidad y distribución espacial de *tillandsia latifolia* en el *tillandsial* de Piedra Campana (Lima, Perú). *Ecología Aplicada*, 12(1–2), 35. <https://doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.436>
- Araya, M., Olivares, M. G., Pizarro, F., & Figueroa, G. G. (2017). *Cobre salud, medio ambiente y nuevas tecnologías.* [https://www.umanda.cl/docs/Cobre\\_Salud\\_Medio\\_Ambiente\\_Nuevas\\_Tecnologias.pdf](https://www.umanda.cl/docs/Cobre_Salud_Medio_Ambiente_Nuevas_Tecnologias.pdf)
- Arroyo, M. D. C. M. (2016). *Evolución Del Contenido En Partículas Totales En Suspensión Y En Los Metales, Plomo, Cinc, Cadmio, Cobre, Hierro Y Manganeso, En El Aerosol Atmosférico De Cartagena, Durante El Periodo 1995- 2000.* 2016. <http://www.upa.edu.mx/index.php/index>
- Asociación Española del Aluminio. (2018). *Aluminio y salud.* [www.asoc-aluminio.es](http://www.asoc-aluminio.es) [www.aluminium.org](http://www.aluminium.org)
- AsunciónUson Murillo, J. B. L. & A. E. M. (2010). *Tecnología de suelos: estudio de casos.*
- ATSDR. (2005). *Zinc: Toxicological Profile* . Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Bajpai, R., & Upreti, D. K. (2012). Accumulation and toxic effect of arsenic and other heavy metals in a contaminated area of West Bengal, India, in the lichen *Pyxine cocoas* (Sw.) Nyl. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 83, 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.06.001>
- Ballester, F. (2005). Contaminación tamosférica, Cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Publica*, 159–175.
- Barcelonesa. (2019). *¿Qué sería de la industria sin el Potasio (K)?* <https://www.grupbarcelonesa.com/es/blog/que-seria-de-la-industria-sin-el-potasio-k>
- Barfuss, M. H., Till, W., Leme, E. M. C., Pinzón, J. P., Manzanares, J. M., Halbritter, H., Samuel, R., & Brown, G. K. (2016). Taxonomic revision of Bromeliaceae subfam. Tillandsioideae based on a multi-locus DNA sequence phylogeny and morphology. *Phytotaxa*, 279(1), 1. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.279.1.1>
- Bargagli, R. (2016). Moss and lichen biomonitoring of atmospheric mercury: A review. *Science of*

- the Total Environment*, 572, 216–231. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.202>
- Bedregal, P., Ubillús, M., Hurtado, J., & Mendoza, P. (2014). *Evaluación de la contaminación atmosférica en puntos críticos de la ciudad de Lima y Callao, utilizando Tillandsia capillaris como biomonitor*.
- Bermudez, G. M. A., Rodriguez, J. H., & Pignata, M. L. (2009). Comparison of the air pollution biomonitoring ability of three Tillandsia species and the lichen Ramalina celastri in Argentina. *Environmental Research*, 109(1), 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.08.014>
- Bernasconi, E., De Vito, I., Martínez, L., & Raba, J. (2000). Liqueen Usnea densirostra como bioindicador de metales pesados. Determinación por ICP-AES acoplado con nebulizador ultrasónico. *Ars Pharmaceutica*, 41(3), 249–257.
- Berrio-Betancur, L. F., Echeverry-Rendón, M., Correa-Bedoya, E., Zuleta-Gil, A. A., Robledo-Restrepo, S. M., Castaño-Gonzalez, J. G., & Echeverría-Echeverría, F. (2017). Desarrollo de la industria de aleaciones de magnesio en Colombia - una oportunidad. *DYNA (Colombia)*, 84(203), 55–64. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.66440>
- Blanco, J. M. (2018). El Ceibo (Ceiba sp.) como indicador de fuentes de contaminación atmosférica, en el Distrito de Chaclacayo, Lima, Perú. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 20(39), 93–100. <file:///C:/Users/Erika/Downloads/14171-Texto del artículo-49002-2-10-20180122.pdf>
- BNamericas. (2020). Nexa perforará área en refinería Cajamarquilla para obtener información hidrogeológica. *27 Noviembre, 2020*.
- Boamponsem, Louis K., & de Freitas, C. R. (2017). Validation of *Parmotrema reticulatum* as a biomonitor of elemental air pollutants in Auckland, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 47(4), 275–293. <https://doi.org/10.1080/03036758.2017.1296472>
- Boamponsem, Louis Kwame. (2016a). *Biomonitoring of elemental atmospheric deposition with the lichen, Parmotrema reticulatum, in the greater Auckland region of New Zealand*. <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/28421>
- Boamponsem, Louis Kwame. (2016b). *Biomonitoring of Elemental Atmospheric Deposition with the Lichen, Parmotrema reticulatum, in the Greater Auckland Region of New Zealand*.
- Bosch Roig Pilar, Barca Donatella, Mirocle Crisci Gino, L. C. (2010). Estudio sobre los Liqueenes como bioindicadores del contenido de metales pesados en el entorno de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. *Fr Estudos De Conservação E Restauo*, 2, 21–37. <https://revistas.ucp.pt/index.php/ecr/article/view/7849>
- Böswald, C., Engelhardt, G., Vogel, H., & Wallnöfer, P. R. (1995). Metabolism of the Fusarium mycotoxins zearalenone and deoxynivalenol by yeast strains of technological relevance. *Natural Toxins*, 3(3), 138–144. <https://doi.org/10.1002/nt.2620030304>
- Brighigna, L., Papini, A., Mosti, S., Cornia, A., Bocchini, P., & Galletti, G. (2002). The use of tropical bromeliads (Tillandsia spp.) for monitoring atmospheric pollution in the town of Florence, Italy. *Revista de Biología Tropical*, 50(2), 577–584.
- Bustíos C., Martina & Arroyo, R. (2013). *Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú*



- actual*. 17, 1–9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203128542001>
- Cach-Pérez, M. J., Andrade, J. L., Cetzal-Ix, W., & Reyes-García, C. (2016). Environmental influence on the inter- and intraspecific variation in the density and morphology of stomata and trichomes of epiphytic bromeliads of the Yucatan Peninsula. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(3), 441–458. <https://doi.org/10.1111/boj.12398>
- Canales Rodríguez, M. A., Quintero-Núñez, M., Castro-Romero, T. G., & García-Cuento, R. O. (2014). Las partículas respirables PM10 y su composición química en la zona Urbana y rural de Mexicali, Baja California en México. *Informacion Tecnologica*, 25(6), 13–22. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600003>
- Canbek, O., Shakouri, S., & Erdogan, S. T. (2020). Laboratory production of calcium sulfoaluminate cements with high industrial waste content. *Cement and Concrete Composites*, 106(09), 103475. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103475>
- Casierra-Posada, F. (2018). Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1(2), 246–257. <https://doi.org/10.17584/rcch.2007v1i2.8701>
- Castañeda Miranda, A. G., Chaparro, M. A. E., Chaparro, M. A. E., & Böhnelt, H. N. (2016). Magnetic properties of *Tillandsia recurvata* L. and its use for biomonitoring a Mexican metropolitan area. *Ecological Indicators*, 60, 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.025>
- Castello, L. V., Barfuss, M. H. J., Till, W., Galetto, L., & Chiapella, J. O. (2016). Disentangling the *Tillandsia capillaris* complex: phylogenetic relationships and taxon boundaries in Andean populations. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(3), 391–414. <https://doi.org/10.1111/boj.12400>
- Chávez, E., Andrade, J. L., & García, C. (2017a). Epífitas para neófitos: las bromeliáceas y sus fascinantes tricomas. *CICY*, 9, 54–59. [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/)
- Chávez, E., Andrade, J. L., & García, C. (2017b). Epífitas para neófitos: las bromeliáceas y sus fascinantes tricomas. *CICY*, 9, 54–59.
- Chavez, G. (2017). “*Capacidad del Liquen Fruticuloso (Ramalina Farinacea) para la Bioacumulación de Plomo en el aire en zonas metalúrgicas en Jicamarca, 2017.*” Universidad Cesar Vallejo.
- Chávez Sahagún, E., Andrade Torres, J. L., & Reyes García, C. (2017). Epífitas para neófitos: las bromeliáceas y sus fascinantes tricomas. *Desde El Herbario CICY*, 9, 54–59. <https://www.researchgate.net/publication/343141242>
- Colin, B., & Michael, C. (2003). *Química ambiental*. Reverte S.A. [https://www.biblio.uade.edu.ar/client/es\\_ES/biblioteca/search/detailnonmodal/ent:\\$002f\\$002fSD\\_ILS\\$002f0\\$002fSD\\_ILS:318175/one?qu=Cann%2C+Michael.&ic=true&ps=300](https://www.biblio.uade.edu.ar/client/es_ES/biblioteca/search/detailnonmodal/ent:$002f$002fSD_ILS$002f0$002fSD_ILS:318175/one?qu=Cann%2C+Michael.&ic=true&ps=300)
- Connan, O., Maro, D., Hébert, D., Roupsard, P., Goujon, R., Letellier, B., & Le Cavelier, S. (2013). Wet and dry deposition of particles associated metals (Cd, Pb, Zn, Ni, Hg) in a rural wetland site, Marais Vernier, France. *Atmospheric Environment*, 67, 394–403. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.029>



- Corral, M. (2013). *Análisis de mercado para la exportación de concentrado de cobre ecuatoriano hacia la República Popular de China*. Quito: Universidad de las Américas, 2013.
- Cuadrado, J. (2011). *Tillandsias como bioindicadores de hidrocarburos policíclicos aromáticos* [Universidad Nacional De Ingeniería]. [http://repositorio.uni.pe/bitstream/uni/10915/1/cuadrado\\_dj.pdf](http://repositorio.uni.pe/bitstream/uni/10915/1/cuadrado_dj.pdf)
- De La Cruz, A., Ayuque, R. F. O., De La Cruz, R. W., López-gonzales, J. L., & Gioda, A. (2020). Air quality biomonitoring of trace elements in the metropolitan area of Huancayo, Peru using transplanted *Tillandsia capillaris* as a biomonitor. *Annals of the Brazilian Academy Society*, 92, 1–17. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180813>
- De La Cruz, A. R. H., Ferreira, L. D. S. C., Andrade, V. P., & Gioda, A. (2019). Biomonitoring of toxic elements in plants collected near leather tanning industry. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 30(2). <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20180174>
- de Paula, P. H. M., Mateus, V. L., Araripe, D. R., Duyck, C. B., Saint’Pierre, T. D., & Gioda, A. (2015). Biomonitoring of metals for air pollution assessment using a hemiepiphyte herb (*Struthanthus flexicaulis*). *Chemosphere*, 138, 429–437. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.060>
- Diario Correo. (n.d.). *Ate es el distrito de Lima con más contaminación del aire* / *Diario Correo*.
- Doria Argumedo, C. J., & Fagundo Castillo, J. R. (2017). Caracterización Química De Material Particulado Fracción Respirable Pm10 En La Atmosfera De Riohacha- La Guajira Colombia. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(1), 5–16. <https://doi.org/10.19053/1900771x.v17.n1.2017.4645>
- Dos Santos, L. B., Almeida, A. C., & Godoy, J. M. (2018). Alternative source apportionment in the surrounding region of a large steel industry applying *Tillandsia usneoides* as biomonitor. *Quimica Nova*, 41(1), 55–60. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170144>
- Einzmann, H. J. R., Beyschlag, J., Hofhansl, F., Wanek, W., & Zotz, G. (2015). Host tree phenology affects vascular epiphytes at the physiological, demographic and community level. *AoB PLANTS*, 7(1). <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu073>
- Espejo-Serna, A., & López-Ferrari, A. R. (2018). La familia Bromeliaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3), 533. <https://doi.org/10.17129/botsci.1918>
- Espejo S., A., & López F., A. R. (2018). La familia Bromeliaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3), 533. <https://doi.org/10.17129/botsci.1918>
- Estrella-Parra, E., Flores-Cruz, M., Blancas-Flores, G., Koch, S. D., & Alarcón-Aguilar, F. J. (2019). The *Tillandsia* genus: history, uses, chemistry, and biological activity [El género *Tillandsia*: historia, usos, química y actividad biológica]. In *AROMÁTICAS* (Vol. 18, Issue 3). [www.blacpma.usach.cl](http://www.blacpma.usach.cl)
- Fatima, G., Raza, A. M., Hadi, N., Nigam, N., & Mahdi, A. A. (2019). Cadmium in Human Diseases: It’s More than Just a Mere Metal. In *Indian Journal of Clinical Biochemistry* (Vol. 34, Issue 4, pp. 371–378). Springer. <https://doi.org/10.1007/s12291-019-00839-8>
- Ferreira, G. G. P. S. (2014). *Tillandsia Usneoides ( L . ) como ferramenta de monitoramento de*

*poluição atmosférico para metais-traço nos municípios de Campinas e Paulínia* ,. 254–272.

- Figueroa Bedoya, J. G. (2001). Análisis cinético de las reacciones de cementación involucradas en la doble etapa de purificación de soluciones impuras en la refinería de Zinc de Cajamarquilla. *Alicia*.
- Frati, L., Brunialti, G., & Loppi, S. (2005). Problems related to lichen transplants to monitor trace element deposition in repeated surveys: A case study from central Italy. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 52(3), 221–230. <https://doi.org/10.1007/s10874-005-3483-5>
- Galal, T. M., & Shehata, H. S. (2015). Bioaccumulation and translocation of heavy metals by *Plantago major* L. grown in contaminated soils under the effect of traffic pollution. *Ecological Indicators*, 48, 244–251. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.013>
- Garcia, H., & Filzmoser, P. (2011). *Multivariate Statistical Analysis using the R package chemometrics*. 1–71.
- Gehle, K., Coles, C., Doyle, J., Fowler, B., Gehle, K., Hall, S. L., Hatcher, M., Jenkins, K., Jolly, R. T., Riley, B. M., Roberts, D., Tarragó, O., Tencza, B., & Chou, S. (2013). La toxicidad del arsénico. *Agencia Para Sustancias Tóxicas y El Registro de Enfermedades*, 3–110. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/docs/arsenic\\_csem\\_spanish.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/docs/arsenic_csem_spanish.pdf)
- Giampaoli, P., Wannaz, E. D., Tavares, A. R., & Domingos, M. (2016a). Suitability of *Tillandsia usneoides* and *Aechmea fasciata* for biomonitoring toxic elements under tropical seasonal climate. *Chemosphere*, 149, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.080>
- Giampaoli, P., Wannaz, E. D., Tavares, A. R., & Domingos, M. (2016b). Suitability of *Tillandsia usneoides* and *Aechmea fasciata* for biomonitoring toxic elements under tropical seasonal climate. *Chemosphere*, 149, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.080>
- Goddard, S. L., Williams, K. R., & Robins, C. (2019). Determination of antimony and barium in UK air quality samples as indicators of non-exhaust traffic emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(641), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7774-8>
- Goddard, S. L., Williams, K. R., Robins, C., & Brown, R. J. C. (2019). Determination of antimony and barium in UK air quality samples as indicators of non-exhaust traffic emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 641. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7774-8>
- Gómez, H., Fernández, R., Benzo, Z., Galarrraga, F., Hernández M., J. E., & Roschman-González, A. (2013). Lichens as biomonitors of air pollution with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) - A review | Líquenes como biomonitores de la contaminación atmosférica por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) - Revisión. *Revista de La Facultad de Ingeniería*, 28(1AL), 45–58.
- González, A. (2018a). *Evaluación de la capacidad bioacumuladora de contaminantes en líquenes, utilizados en el monitoreo de la calidad del aire de la parroquia San Carlos, cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10244>
- González, A. (2018b). *Evaluación de la capacidad bioacumuladora de contaminantes en líquenes, utilizados en el monitoreo de la calidad del aire de la parroquia San Carlos, cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana*.

- Graciano, C., Fernández, L., & Caldiz, D. (2003). *Tillandsia recurvata* L. as a bioindicator of sulfur atmospheric pollution. *Ecología Austral*, 13(1), 3–14.
- Granados Aguilar, X. C. (2016). *Posición filogenética de las especies de Tillandsia L. (Bromeliaceae, Poales) mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Granados M., C. (2014). *Estudio taxonómico del género Tillandsia L. (Bromeliaceae) en la Sierra de Juárez (Oaxaca, México)*. May.
- Gu, J., Schnelle-Kreis, J., Pitz, M., Diemer, J., Reller, A., Zimmermann, R., Soentgen, J., Peters, A., & Cyrys, J. (2013). Spatial and temporal variability of PM10 sources in Augsburg, Germany. *Atmospheric Environment*, 71, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.01.043>
- Guéguen, F., Stille, P., Dietze, V., & Gieré, R. (2012). Chemical and isotopic properties and origin of coarse airborne particles collected by passive samplers in industrial, urban, and rural environments. *Atmospheric Environment*, 62, 631–645. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.044>
- Guevara, L., & Castro, G. (2018). *Diseño de planta para la producción de carbonato de calcio a partir de la concha de abanico*.
- Guevara Torres, D. R. (2018). *Utilización del hígado de la paloma de Castilla (Columba livia) como biomonitor de contaminación ambiental en la ciudad de Lima*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3625>
- Guzmán, V. (2013). Diversidad de macroartrópodos asociados a tres especies de *Tillandsia* (Bromeliaceae) en Tlanlnelhuayocan, Veracruz. In *Centro de Investigaciones Tropicales*. Universidad Veracruzana.
- Hawksworth, D. L., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(2), 71–82. [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(05\)70013-9](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(05)70013-9)
- Hernandez Picazo, F. (2014). *Determinación del Cadmio (Cd) en suelos agrícolas dedicados a la producción de Alfalfa Medicago sativa irrigado con aguas residuales* [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/101/DeterminaciondeCadmio\(Cd\)ensuelosagricolasdedicadosala.pdf;sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/101/DeterminaciondeCadmio(Cd)ensuelosagricolasdedicadosala.pdf;sequence=1)
- Huamán, A., Oscanoa, R., Huamán, R., & Gioda, A. (2018). *Air quality monitoring and assessment: a multidisciplinary study*. <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/36185/36185.PDF>
- Hurtado, W., Gómez, H., Fernández, R., Galarraga, F., Hernández, J., & González, R. (2014). Liqueen Parmotrema sancti angelii como biomonitor de los metales provenientes de la mina Loan de Niquel, estado Aragua. *GEOS Revista Venezolana de Ciencias de La Tierra*, 44. <https://www.researchgate.net/publication/286035960>
- Ibedaca, J. (2014). “Optimización de las metodologías de extracción asistida por microondas y ultrasonido para la determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de *Tillandsia recurvata* (L.) L biomonitor de la contaminación atmosférica.” Universidad

Central de Venezuela.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Estratégicos INEI. (2014). *Calidad del Aire*. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1291/cap08.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1291/cap08.pdf)
- Isabel, A. C., Ribani, R. A., Vicente-Flores, G., & Vicente Flores Gabriela. (2015). *Toxic effects of lead*.
- Joseph, H., & Erraguntla, N. (2014). Hexavalent Chromium (Particulate Compounds). *TCEQ (Texas Commission on Eenvironmental Quality)*, 109. [https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/dsd/final/august2014/hexavalent\\_chromium.pdf](https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/dsd/final/august2014/hexavalent_chromium.pdf)
- Koch, M. A., Kleinpeter, D., Auer, E., Siegmund, A., del Rio, C., Osses, P., García, J. L., Marzol, M. V., Zizka, G., & Kiefer, C. (2019). Living at the dry limits: ecological genetics of *Tillandsia landbeckii* lomas in the Chilean Atacama Desert. *Plant Systematics and Evolution*, 305(10), 1041–1053. <https://doi.org/10.1007/s00606-019-01623-0>
- Kováčik, J., Babula, P., Klejdus, B., & Hedbavny, J. (2014). Comparison of oxidative stress in four *Tillandsia* species exposed to cadmium. *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.03.015>
- La República. (2019). *Industria fue el sector con mayor aporte a la economía peruana en 2018 / Economía - La República*. Anie Torres. <https://larepublica.pe/economia/1400088-sni-industria-sector-mayor-aporte-economia-peruana-2018/>
- Lagos, G. (2005). *El cobre y el medio Ambiente*.
- Lavornia, J. (2015). *Las comunidades líquénicas de las Sierras de Tandil (Buenos Aires) como bioindicadoras de contaminación atmosférica* [Universidad Nacional de la Plata]. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/54896/Documento\\_completo\\_\\_pdf-PDFA2.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/54896/Documento_completo__pdf-PDFA2.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Lazo, P., Stafilov, T., Qarri, F., Allajbeu, S., Bekteshi, L., Frontasyeva, M., & Harmens, H. (2019). Spatial distribution and temporal trend of airborne trace metal deposition in Albania studied by moss biomonitoring. *Ecological Indicators*, 101, 1007–1017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.053>
- Leme, E. M. C., Heller, S., Zizka, G., & Halbritter, H. (2017). New circumscription of *Cryptanthus* and new *Cryptanthoid* genera and subgenera (Bromeliaceae: Bromelioideae) based on neglected morphological traits and molecular phylogeny. *Phytotaxa*, 318(1), 1. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.318.1.1>
- Lenntech. (2019a). *Antimonio - Sb Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente*. Lenntech BV. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/sb.htm>
- Lenntech. (2019b). *Niquel (Ni) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente*. Lenntech BV.
- León, B., & Sagástegui, A. (2006). Bromeliaceae en Peru. *Revista. Peru*, 13(2).

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/1941/1710>

- León, B., Sagástegui, A., Sánchez, I., & Zapata, M. (2013). Bromeliaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2). <https://doi.org/10.15381/rpb.v13i2.1941>
- Li, X., Shi, X., Wang, A., & Li, Y. (2017). Heavy metals contamination and assessment in gas station dust of Xi'an, a mega-city of China. *Environmental Earth Sciences*, 76(7), 288. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6582-0>
- Liu, H., & Naismith, J. H. (2008). An efficient one-step site-directed deletion, insertion, single and multiple-site plasmid mutagenesis protocol. *BMC Biotechnology*, 8, 91.
- Lopez, N. (2013). *Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia*. [https://www.academia.edu/8779833/Caracterización\\_de\\_la\\_contaminación\\_atmosférica\\_en\\_Colombia?fbclid=IwAR2xechPiGgs7qJrg0wQEPaCRO9CAuClSLrx1b9kXPIMyXOuqRtL1X\\_QGIM](https://www.academia.edu/8779833/Caracterización_de_la_contaminación_atmosférica_en_Colombia?fbclid=IwAR2xechPiGgs7qJrg0wQEPaCRO9CAuClSLrx1b9kXPIMyXOuqRtL1X_QGIM)
- Maji, S., Ahmed, S., Ahmad, W., & Ghosh, S. (2017). Short term effects of criteria air pollutants on daily mortality in Delhi , India. *Atmospheric Environment*, 150, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.11.044>
- Malaspina, P., Casale, M., Malegori, C., Hooshyari, M., Carro, M. Di, Magi, E., & Giordani, P. (2018). Combining spectroscopic techniques and chemometrics for the interpretation of lichen biomonitoring of air pollution. *Chemosphere*, 198, 417–424. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.136>
- Manuel, J. (2014). *Las comunidades liquénicas de las sierras de Tandil (Buenos Aires) como bioindicadoras de contaminación atmosférica*. 241. [http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/\\_documentos/tesis/tesis\\_1381.pdf](http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/tesis/tesis_1381.pdf)
- María, D., Vergara, B., Ibrahim, M., & Kass, D. (1998). *Características químicas de un suelo ácido y composición mineral de Brachiaria humidicola bajo un sistema silvopastoril con Acacia mangium* Diana María Bolívar Vergara 2 , Muhammad Ibrahim 3 , Donald Kass 4.
- Mejía Garcés, J. A. (2016). *Evaluación de la contaminación del aire mediante la caracterización de metales pesados en sólidos sedimentables en la ciudad de Riobamba*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6226>
- Mejía, J. (2016). *Evaluación de la contaminación del aire mediante la caracterización de metales pesados en sólidos sedimentable*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mendoza, C. G. (2014). *Estudio taxonómico del género Tillandsia L. (Bromeliaceae) en la Sierra de Juárez (Oaxaca, México)*. May.
- Mendoza, C. G., Granados-Aguilar, X., Donadío, S., Salazar, G. A., Flores-Cruz, M., Hágsater, E., Starr, J. R., Ibarra-Manríquez, G., Fragoso-Martínez, I., & Magallón, S. (2017). Geographic structure in two highly diverse lineages of Tillandsia (Bromeliaceae). *Botany*, 95(7), 641–651. <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0250>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal- Memoria descriptiva*. <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>



- Ministerio del Ambiente MINAM. (2014). *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
- Mondragón, D., Valverde, T., & Hernández-Apolinar, M. (2015). Population ecology of epiphytic angiosperms. In *Tropical Ecology* (Vol. 56, Issue 1, pp. 1–39). <https://doi.org/10.13140/2.1.4043.5849>
- MTC. (2018). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. In *Camara de comercio*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvvnngmx.18>
- Naderizadeh, Z., Khademi, H., & Ayoubi, S. (2016a). Biomonitoring of atmospheric heavy metals pollution using dust deposited on date palm leaves in southwestern Iran. *Atmosfera*, 29(2), 141–155. <https://doi.org/10.20937/ATM.2016.29.02.04>
- Naderizadeh, Z., Khademi, H., & Ayoubi, S. (2016b). Biomonitoring of atmospheric heavy metals pollution using dust deposited on date palm leaves in southwestern Iran. *Atmósfera*, 29(2), 141. <https://doi.org/10.20937/ATM.2016.29.02.04>
- Nakazato, R. K., Rinaldi, M. C. S., & Domingos, M. (2016). Tropical trees: Are they good alternatives for biomonitoring the atmospheric level of potential toxic elements near to the Brazilian Atlantic Rainforest? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 134, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.08.013>
- Neira, M., & Prüss-Ustün, A. (2016). Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the environmental burden of disease. *Toxicology Letters*, 259, S1. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.07.028>
- Noriega Rivera, P., Medici, A., Murillo, A., Bedón, J., Haro, F., & Galecio, G. (2008). Estudio de la concentración de cadmio y plomo en el aire de la ciudad de Quito, empleando briofitas como biomonitores. *La Granja*, 8(2), 17. <https://doi.org/10.17163/lgr.n8.2008.03>
- Occelli, F., Bavdek, R., Deram, A., Hellequin, A. P., Cuny, M. A., Zwarteroock, I., & Cuny, D. (2016). Using lichen biomonitoring to assess environmental justice at a neighbourhood level in an industrial area of Northern France. *Ecological Indicators*, 60, 781–788. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.026>
- Olaya, R. (2016). *Capacidad de almacenamiento hídrico en cinco especies de Bromelias epifitas en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca – Piura*. Universidad Nacional de Piura.
- OPS, O. P. de la S. (2018). *Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado Sin embargo, cada vez hay más países que toman medidas*. <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR). (2013). *Protocolo para la herborización: coleccion y preservado de ejemplares botánicos en procesos de supervisión forestal*. [https://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/protocolo\\_herborizacion\\_julio2013.pdf?fbclid=IwAR3LiV2gm\\_RYJOQCKvr0zJGvyCXwNj0TO4y2nIGqfeUsVMbkwmegeFIU6eg](https://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/protocolo_herborizacion_julio2013.pdf?fbclid=IwAR3LiV2gm_RYJOQCKvr0zJGvyCXwNj0TO4y2nIGqfeUsVMbkwmegeFIU6eg)

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Un reporte de contaminación del aire. *WHO*. [https://www.who.int/topics/air\\_pollution/es/](https://www.who.int/topics/air_pollution/es/)
- Osses, P., Farías, M., Núñez, R., & Cereceda, P. (2005). Metodología geográfica para detectar, medir y caracterizar Tillandsiales en la región de Tarapacá, Chile. *XXVI Congreso Nacional y XI Internacional de Geografía, October*, 97–105.
- Palomo B., R., Ríos del Toro, E., Calderón S., L. F., Bravo V., Á. P., Gómez M.z, C. N., & Ocegüera C., E. (2016). Compuestos contaminantes de la atmósfera: ¿cuáles son sus efectos? y, sobre todo, ¿cómo podemos eliminarlos? *Ciencia*, 67(1), 68–74.
- Paoli, L., Guttová, A., Grassi, A., Lackovičová, A., Senko, D., Sorbo, S., Basile, A., & Loppi, S. (2015). Ecophysiological and ultrastructural effects of dust pollution in lichens exposed around a cement plant (SW Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15891–15902. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4807-x>
- Paoli, L., Winkler, A., Guttová, A., Sagnotti, L., Grassi, A., Lackovi, A., & Loppi, S. (2016). *Magnetic properties and element concentrations in lichens exposed to airborne pollutants released during cement production*. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6203-6>
- Paoli, L., Winkler, A., Guttová, A., Sagnotti, L., Grassi, A., Lackovičová, A., Senko, D., & Loppi, S. (2017). Magnetic properties and element concentrations in lichens exposed to airborne pollutants released during cement production. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(13), 12063–12080. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6203-6>
- Paredes, C. (2016). “*Riesgo ecológico del Sulfato de Bario*.” Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pellegrini, E., Lorenzini, G., Loppi, S., & Nali, C. (2014a). Evaluation of the suitability of *Tillandsia usneoides* (L.) L. As biomonitor of airborne elements in an urban area of Italy, Mediterranean basin. *Atmospheric Pollution Research*, 5(2), 226–235. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.028>
- Pellegrini, E., Lorenzini, G., Loppi, S., & Nali, C. (2014b). Evaluation of the suitability of *Tillandsia usneoides* (L.) L. as biomonitor of airborne elements in an urban area of Italy, Mediterranean basin. *Atmospheric Pollution Research*, 5(2), 226–235. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.028>
- Pellegrini, E., Lorenzini, G., Loppi, S., & Nali, C. (2014c). Evaluation of the suitability of *Tillandsia usneoides* (L.) L. as biomonitor of airborne elements in an urban area of Italy, Mediterranean basin. *Atmospheric Pollution Research*, 5(2), 226–235. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.028>
- Penkała, M., Ogrodnik, P., & Rogula-Kozłowska, W. (2018). Particulate Matter from the Road Surface Abrasion as a Problem of Non-Exhaust Emission Control. *Environments*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.3390/environments5010009>
- Perez, L., Tobias, A., Querol, X., Künzli, N., Pey, J., Alastuey, A., Viana, M., Valero, N., González-Cabré, M., & Sunyer, J. (2008). Coarse Particles From Saharan Dust and Daily Mortality. *Epidemiology*, 19(6), 800–807. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e31818131cf>
- Perry, D. R. (1978). A Method of Access into the Crowns of Emergent and Canopy Trees.

- Biotropica*, 10(2), 155. <https://doi.org/10.2307/2388019>
- Phillips-smith, C., Jeong, C., Healy, R. M., Dabek-zlotorzynska, E., & Celo, V. (2017). Sources of particulate matter components in the Athabasca oil sands region : investigation through a comparison of trace element measurement methodologies. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(1), 9435–9449. <https://doi.org/10.5194/acp-17-9435-2017>
- Pignata, M. L., Gudino, G. L., Wannaz, E. D., Plá, R. R., González, C. M., Carreras, H. A., & Orellana, L. (2002). Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing *Tillandsia capillaris* as a biomonitor. *Environmental Pollution*, 120(1), 59–68. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00128-8](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00128-8)
- Pumasupa Solórzano, M. (2018). *Cuantificación de la captura de carbono de la especie forestal Haplorhus peruviana carzo*.
- R Team Core. (2019). *A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria* (3.2.6). R Foundation for Statistical Computing.
- Rai, P. K. (2016). Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 129, 120–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.012>
- Ramírez Cardona, M., Oviedo, J., Salazar M., S., & Giraldo A., W. (2008). Biomonitorio de metales pesados empleando herramientas de SIG en el valle del Aburra. *Investigaciones Aplicadas*, 2(1), 7–14. <http://convena.upb.edu.co/revistaaplicada>
- Ramírez, M., Oviedo, J., Salazar, S., Giraldo, W., Salazar, S., & William, G. A. (2008). Biomonitorio de metales pesados empleando herramientas del SIG en el valle del Aburra. *Revista Investigaciones Aplicadas N O*, 3, 7–14.
- Ramos, R. L. (2011). *Valoración biológica, física y egográfica de la hierba, “Siempre viva”; Tillandsia werdermannii para su concervación en la región Tacna, 2010* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman - Tacna]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/674/TM0120.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Red Ambiental de Asturias. (2019a). *Artículo : Conceptos generales de contaminación atmosférica*. [http://movil.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD&fbclid=IwAR2sU5LOW0phHXQn7Zq\\_YVdWC1mYA2GcKQSkM4uScdvUMu79q\\_Pltk4V-BU](http://movil.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD&fbclid=IwAR2sU5LOW0phHXQn7Zq_YVdWC1mYA2GcKQSkM4uScdvUMu79q_Pltk4V-BU)
- Red Ambiental de Asturias. (2019b). *Artículo : Conceptos generales de contaminación atmosférica*.
- Regal, D. C., & Doria, L. E. (2015). *Determinación de Plomo, Cadmio y Manganeso en sedimentos de hojas de Sauce “Salix alba” en las avenidas Abancay y Tacna, Lima-Noviembre 2014-Enero 2015*. <https://sci-hub.do/http://190.187.227.76/handle/123456789/270>
- Rousis, N. I., & Thomaidis, N. S. (2017). Reduction of interferences in the determination of lanthanides, actinides and transition metals by an octopole collision/reaction cell inductively coupled plasma mass spectrometer – Application to the analysis of Chios mastic. *Talanta*,



175(July), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.07.034>

- Rubén, A., De, H., & Cruz, L. (2018). *Air quality monitoring and assessment: a multidisciplinary study*. <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/36185/36185.PDF>
- Rubio, C., González Weller, D., Martín-Izquierdo, R. E., Revert, C., Rodríguez, I., & Hardisson, A. (2007). El zinc: Oligoelemento esencial. *Nutricion Hospitalaria*, 22(1), 101–107. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2001.0510>
- Sánchez, J., & Salinas, P. (1982). *Tecnología de bajos insumos para el manejo de Oxisoles y Ultisoles en América Tropical*.
- Sankhla, M. S., Kumari, M., Nandan, M., Kumar, R., & Agrawal, P. (2016). Heavy Metals Contamination in Water and their Hazardous Effect on Human Health-A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(10), 759–766. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.510.082>
- Santos, L. benevides dos, Almeida, A. C., & Godoy, J. M. (2017). ALTERNATIVE SOURCE APPORTIONMENT IN THE SURROUNDING REGION OF A LARGE STEEL INDUSTRY APPLYING TILLANDSIA USNEOIDES AS BIOMONITOR. *Química Nova*, X(00), 1–6.
- Schreck, E., Sarret, G., Oliva, P., Calas, A., Sobanska, S., Guédron, S., Barraza, F., Point, D., Huayta, C., Couture, R. M., Prunier, J., Henry, M., Tisserand, D., Goix, S., Chincheros, J., & Uzu, G. (2016a). Is Tillandsia capillaris an efficient bioindicator of atmospheric metal and metalloid deposition? Insights from five months of monitoring in an urban mining area. *Ecological Indicators*, 67, 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.027>
- Schreck, E., Sarret, G., Oliva, P., Calas, A., Sobanska, S., Guédron, S., Barraza, F., Point, D., Huayta, C., Couture, R. M., Prunier, J., Henry, M., Tisserand, D., Goix, S., Chincheros, J., & Uzu, G. (2016b). Is Tillandsia capillaris an efficient bioindicator of atmospheric metal and metalloid deposition? Insights from five months of monitoring in an urban mining area. *Ecological Indicators*, 67, 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.027>
- Schreck, E., Viers, J., Blondet, I., Auda, Y., Macouin, M., Zouiten, C., Freydier, R., Dufréchou, G., Chmeleff, J., & Darrozes, J. (2020). Tillandsia usneoides as biomonitors of trace elements contents in the atmosphere of the mining district of Cartagena-La Unión (Spain): New insights for element transfer and pollution source tracing. *Chemosphere*, 241, 13. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124955>
- Segala, E., Baêso, B., & Domingos, M. (2008). Structural Analysis of Tillandsia usneoides L. Exposed to Air Pollutants in São Paulo City–Brazil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 189(1–4), 61–68. <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9555-1>
- Simioni, D. (2003). *Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana*. Naciones Unidas, CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/2351>
- Soleimani, M., Amini, N., Sadeghian, B., Wang, D., & Fang, L. (2018). Heavy metals and their source identification in particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in Isfahan City, Iran. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.01.002>
- Spiegel, J., & Maystre, L. (2014). Control De La Contaminacion Ambiental. *Enciclopedia de Salud*

- Tarricone, K., Wagner, G., & Klein, R. (2015). Toward standardization of sample collection and preservation for the quality of results in biomonitoring with trees - A critical review. *Ecological Indicators*, 57, 341–359. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.012>
- Toledo Guzmán, A. T. (2020). *Captura de Carbono en la especie Tillandsia werdermannii y Tillandsia purpurea (siempre viva) en las Lomas Arrojadero situada entre los Distritos de Inclán y Locumba, Tacna*.
- Trujillo González, J. M. (2014). Evaluación de tres zonas de la ciudad de Villavicencio a partir de las concentraciones de metales pesados presentes en el polvo vial. [Http://Unicornio.Utadeo.Edu.Co/Tesis/Maestria\\_cambiantales/T056.Pdf](Http://Unicornio.Utadeo.Edu.Co/Tesis/Maestria_cambiantales/T056.Pdf).  
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1762>
- Ulloa, C., Zarucchi, J., & León, B. (2004). *Diez años de adiciones a la flora del Perú 1993-2003* (Arnaldoa (ed.)).  
<http://www.mobot.org/MOBOT/research/peru/pdf/DiezAñosArnaldoa2004.pdf>
- Valdivia, D., & Ramírez, Á. (2018). Biologist. *The Biologist*, 16(1).  
<http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/223/217>
- Vasquez, J. R., Vázquez, F. M., & Menjivar, J. C. (2014). Iron and aluminium forms in soils with different uses in Magdalena, Colombia. *Acta Agronomica*, 63(4), 352–360.  
<https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42038>
- Vega Viña, J. (2016). *Análisis isotópico de estroncio y antimonio en vidrios arqueológicos mediante IPC-MS de tipo multicolector*.
- Velentza, O. (2016). Particular matters : a threat for human health. *Scientific Chronicles*, 21(3), 233–244.
- Virginia Castello, L., J Barfuss, M. H., Galetto, L., & Chiapella, J. (2016). *Disentangling the Tillandsia capillaris complex: phylogenetic relationships and taxon boundaries in Andean populations Phylogenetic community structure assessment of a mixed Dipterocarp forest using DNA barcoding and molecular phylogeny of the dominant tr.*  
<https://doi.org/10.1111/boj.12400>
- Vittori, D., & Nesse, A. (2014). Actualización de la interacción metal-organismo humano en la era del aluminio. *Química Viva*, 13(2), 101–108.  
<https://www.redalyc.org/pdf/863/86331633004.pdf>
- Wang, J., & Ogawa, S. (2015). Effects of meteorological conditions on PM<sub>2.5</sub> concentrations in Nagasaki, Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9089–9101. <https://doi.org/10.3390/ijerph120809089>
- Wannaz, E. D., Abril, G. A., Rodriguez, J. H., & Pignata, M. L. (2013). Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in industrial and urban areas using passive air samplers and leaves of *Tillandsia capillaris*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1(4), 1028–1035.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.08.012>

- Xing, J., Song, J., Yuan, H., Wang, Q., Li, X., Li, N., Duan, L., & Qu, B. (2017). Atmospheric wet deposition of dissolved trace elements to Jiaozhou Bay, North China: Fluxes, sources and potential effects on aquatic environments. *Chemosphere*, 174, 428–436. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.004>
- Zheng Lei., B. U. y reymond L. (2004). An efficient one-step site-directed and site-saturation mutagenesis protocol. *Nucleic Acids Research*, 32(14), e115–e115. <https://doi.org/10.1093/nar/gnh110>

## Anexos

Anexo 1: Informe de entrega de resultados químicos recibidos (70 muestras).

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



Rio de Janeiro, 12 de setembro de 2019

Aos cuidados:

**Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz**  
Universidad Peruana Unión, Carretera Central km 19, Ñaña  
Lima, Perú

Prezado Sr,

Venho por meio desta encaminhar o Laudo Técnico N0 1/Setembro 2019 como os resultados referentes as análises químicas das 70 amostras de plantas recebidas no Laboratório de Química Atmosférica (LQA).

Coloco-me a disposição para maiores esclarecimentos

Atenciosamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Adriana Gioda', is located below the text 'Atenciosamente,'.

Prof. Dra. Adriana Gioda  
Coordenadora LQA

Prof. Dra. Adriana Gioda  
Departamento de Química  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Edifício Cardinal Leme - Sala 471 - Gávea - 22453-900  
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637  
agioda@puc-rio.br; www.agioda.com

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



LAUDO TÉCNICO No. 1/Setembro 2019

**Amostragem**

A coleta das amostras de plantas e arroz foi realizada pela Universidad Peruana Unión e entregues no Laboratório de Química Atmosférica (LQA) da PUC-Rio, em mãos pelo Dr. Alex Ruben Huamán De La Cruz.

**Análises químicas**  
**Extracao Ácida**

Para a extração ácida das plantas, foram pesados, em duplicata,  $250 \pm 1$  mg (Adventure, Ohaus, AR 2140  $\pm 0,0001$  g) de Tillandsias secas e moídas em copos de Teflon (Saville, EUA). Depois as amostras de plantas foram adicionadas água ultrapura para completar o volume de 10 mL. Posteriormente elas foram centrifugadas (Kindly, KC5, China) a 4000 RPM por 2 min e diluídas 5x e 20x.

**Análises por ICP-MS**

Os extratos ácidos foram analisados por ICP-MS (Perkin Elmer, Nexlon 300, EUA) para a determinação dos elementos: Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Mo, Zr, Nb, Ag, Cd, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, W, Re, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U, In, Sb. A análise de As também foi realizada utilizando uma célula de reação dinâmica (DRC, do inglês dynamic reaction cell) visando aumentar a eficiência de transmissão dos íons para o analisador de massas e diminuir interferências espectrais. O gás de reação utilizado nesse método foi o CH<sub>4</sub>. As condições do equipamento estão apresentadas na Tabela 1.

Profª. Dra. Adriana Gioda  
Departamento de Química  
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900  
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637  
agioda@puc-rio.br; www.agioda.com

### Anexo 3: Certificado de calibración de los equipos de laboratorio.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



Tabela 1 - Condições operacionais do ICP-MS Perkin Elmer, NexIon 300X Parâmetro	Valor
Potência da Rádio Frequência	1100 W
Fluxo de argônio do plasma	15,0 L min <sup>-1</sup>
Fluxo auxiliar	1,0 L min <sup>-1</sup>
Fluxo de argônio de nebulização	1,06 L min <sup>-1</sup>
Fluxo de metano na célula de reação	0,3 L min <sup>-1</sup>
Fluxo de amostra	0,6 mL min <sup>-1</sup>
Modo de leitura	Peak Hopping
Varreduras/leituras	1
Leituras/replicatas	1
Número de replicatas	5

#### Calibração de controle de qualidade

As curvas analíticas foram preparadas a partir de padrões multielementares Perkin Elmer 29, Perkin Elmer 17 e Perkin Elmer 12 na concentração de 1000 µg L<sup>-1</sup> e do Perkin Elmer 5 na concentração de 10 µg L<sup>-1</sup>. Além disso, foram utilizados padrões monoelementares de Sn, Hg, Ti, Sb (1000 µg L<sup>-1</sup>), Au (500 µg L<sup>-1</sup>) e Br (1000 µg L<sup>-1</sup>). Para evitar a precipitação dos elementos adicionados nas soluções da curva analítica foi adicionado HNO<sub>3</sub> para obter soluções 5 % de ácido. O padrão interno utilizado nas análises foi uma solução de Rh 40 µg L<sup>-1</sup>. Foram obtidos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) das curvas analíticas maiores que 0,999 para todos os elementos analisados. Os limites de detecção e quantificação foram calculados considerando o desvio padrão obtido em 10 leituras do branco de ácido (ácido + água ultrapura).

Para garantir a qualidade dos dados obtidos e verificar possíveis causas de contaminação, a água e o ácido utilizados na extração foram analisados. A eficiência de extração das plantas foi verificada por meio da extração de 250 mg dos materiais de referência certificado NIST (SRM 1515 e SEM 1573). Para a verificação da eficiência de extração do arroz foi o utilizado 500 mg do SRM (IMEP 192). Todos os materiais certificados foram extraídos em duplicata. As porcentagens de recuperação dos elementos certificados pelos materiais de referência indicam a eficiência do método de extração utilizado.

Os resultados estão reportados em mg kg<sup>-1</sup>. Na tabela a seguir do laudo técnico estão apresentadas as concentrações, os desvios padrão, os limites de detecção e quantificação (LD e LQ) e o percentual de recuperação dos materiais de referência obtidos pelo método utilizado.

Profª. Dra. Adriana Gioda  
Departamento de Química  
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Cardeal Leme – Sala 471 - Gávea - 22453-900  
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021)3527-1328 Fax (021) 3114-1637  
agioda@puc-rio.br; www.agioda.com



Amostra	Al				As				Ba				Ca			
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
Control	2083	2189	2083	2189	3.69	4.06	3.69	4.06	24.81	17.58	24.81	17.58	5020	4200	5020	4200
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
P1	1603	1610.7	2005.39	2004.4	6.62	6.7	7.48	8.3	53.82	47.6	44.55	38.4	6508.3	5842.9	5385.1	5104.0
P2	1674	1702.2	1978.65	1849.2	6.17	6.0	8.99	7.3	48.70	43.2	40.91	32.9	5777.5	5619.5	5446.4	4824.2
P3	1585	1618.9	1940.31	1738.5	5.69	7.8	7.07	8.7	44.18	54.3	39.26	31.7	5107.6	6219.0	4984.8	4984.7
P4	1733.98	1705.8	1919.22	1949.2	6.97	6.6	7.60	8.4	53.10	51.2	37.14	38.6	5420.3	5993.8	5799.0	5292.1
P5	1658.15	1746.3	1989.93	1843.4	6.09	7.3	8.86	7.2	49.13	53.8	42.43	29.3	6003.1	6105.3	5960.4	5576.6
P6	1704.53	1776.3	1938.51	1918.4	6.02	7.4	8.89	8.1	46.14	53.0	41.29	30.9	5692.2	5547.4	5807.9	4672.4
P7	1694.32	1717.2	1921.72	2017.2	6.92	7.3	8.99	9.0	54.29	52.2	39.35	39.6	5367.9	5438.5	5698.4	5570.5
P8	1700.25	1576.2	1899.34	1997.8	5.98	7.1	8.16	8.8	39.86	51.4	35.48	37.9	5550.2	6070.7	5801.4	5003.0
P9	1674.04	1601.0	1878.66	2024.2	6.41	6.5	8.21	8.6	40.95	44.2	36.33	36.0	5996.0	5223.4	4896.5	5340.7
P10			1933.42	1996.5			7.96	8.9			30.17	35.0			5510.0	5475.6
P11	1730.26	1625.3	1877.18	2021.5	6.14	7.7	7.89	9.5	56.96	50.3	35.35	37.1	5860.4	5783.8	5658.0	4874.8
P12	1670.14	1699.9	1793.95	1918.1	6.10	6.3	8.93	9.4	52.46	49.0	31.66	29.3	6023.0	5503.9	5011.1	5252.5
P13	1698.72	1806.3	1851.94	1999.5	7.16	6.1	8.79	7.8	52.45	40.7	38.82	31.5	6445.9	5271.3	5073.2	5353.1
P14	1601.03	1765.3	1737.74	1798.7	7.35	7.9	8.04	7.4	51.91	50.7	43.94	29.9	5779.9	6175.4	5966.5	5194.9
P15	1666.87	1641.4	1792.39	1942.3	6.19	6.2	8.40	7.6	42.92	42.9	38.80	27.1	5975.0	5510.8	5351.2	4757.2
P16	1591.01	1609.9	1827.85	1740.3	5.82	6.2	7.87	7.7	50.56	46.6	34.37	28.2	6374.5	6277.5	5111.3	4847.6
P17	1709.55	1727.0	1726.10	1890.8	6.34	7.2	8.29	7.5	43.23	48.4	33.78	34.9	5318.0	5330.3	5207.0	5112.4
P18	1638.52	1619.1			7.04	6.1			46.71	45.8			5410.6	6155.0		

Amostra	Cd				Co				Cr				Cu			
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
Control	0.55	0.44	0.55	0.44	1.66	1.55	1.66	1.55	2.09	1.53	2.09	1.53	16.79	14.38	16.79	14.38
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
P1	0.87	0.7	5.22	4.5	1.67	1.6	1.96	1.8	3.28	1.9	5.60	4.6	22.89	22.3	30.09	28.8
P2	0.77	0.6	5.07	4.5	1.79	1.8	1.64	1.7	3.01	2.6	5.45	3.9	19.53	16.1	38.49	27.6
P3	0.73	0.8	5.38	5.0	1.70	1.8	1.81	1.6	2.30	2.6	5.18	3.7	15.38	22.7	39.20	33.9
P4	0.76	0.7	5.62	4.8	1.52	1.9	1.83	2.0	2.30	3.1	3.89	4.1	20.26	23.9	41.85	31.4
P5	0.73	0.7	5.94	4.8	1.68	2.0	1.97	1.6	2.46	2.4	5.05	3.4	17.23	21.5	40.46	27.8
P6	0.77	0.7	5.99	5.1	1.58	1.7	2.00	1.7	2.71	2.9	4.84	3.7	13.92	20.1	32.17	30.5
P7	0.75	0.7	4.71	4.7	1.49	1.8	1.81	1.9	2.99	2.8	5.24	4.9	21.77	21.0	37.89	35.8
P8	0.83	0.7	5.47	4.9	1.60	1.5	1.54	1.9	2.59	3.0	3.61	4.8	13.63	22.7	32.45	36.8
P9	0.97	0.6	5.16	4.8	1.67	1.6	1.68	1.9	2.76	2.6	3.57	4.9	17.57	17.8	29.36	31.7
P10			5.64	4.4			1.89	1.8			4.09	4.7			36.23	33.8

P11	0.71	0.7	4.70	4.0	1.53	2.0	1.63	1.6	3.10	2.6	5.11	4.5	18.56	23.9	33.28	34.6
P12	0.77	0.6	4.57	5.1	1.57	1.6	1.54	1.5	2.43	1.9	3.95	3.6	21.66	18.7	27.78	32.8
P13	0.86	0.6	6.11	4.2	1.54	1.5	1.93	1.6	2.86	1.9	5.30	4.9	23.49	16.5	33.57	24.8
P14	0.90	0.7	5.77	4.4	1.75	1.8	1.73	1.8	2.85	2.3	4.26	4.0	22.68	21.3	32.74	24.5
P15	0.94	0.6	5.25	3.8	1.84	1.5	1.55	1.7	2.27	2.1	3.44	3.6	15.06	19.3	26.92	26.4
P16	0.89	0.7	5.66	3.9	1.71	1.4	1.63	1.7	2.30	1.9	3.37	3.8	19.97	19.6	28.02	25.3
P17	0.84	0.7	6.21	4.1	1.70	1.8	1.73	1.5	2.18	2.8	3.57	3.7	16.02	15.9	37.57	28.5
P18	0.83	0.6			1.70	1.8			2.41	2.3			17.25	17.3		

Sample	Fe				K				Mg				Mn			
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
Control	1154	1234	1154	1234	4534	1620	4534	1620	1482	1357	1482	1357	128.6	78.7	128.6	78.7
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
P1	1665	1616	2474	2401	1869.6	2042.4	2408.5	2127.9	1405	1509	1576	1717	110.2	97.1	182.5	172.1
P2	1661	1745	2373	2205	1930.8	1924.5	2085.8	1885.3	1341	1654	1693	1415	115.7	102.8	187.9	137.8
P3	1670	1722	2274	2232	2030.0	1827.9	2390.6	1646.5	1273	1856	1384	1476	121.0	110.8	156.3	140.0
P4	1684	1546	2128	2418	2606.2	2187.4	2659.2	1700.1	1470	1946	1872	1686	121.5	107.5	166.1	161.7
P5	1681	1656	2496	1961	1935.3	2378.0	2569.4	2252.4	1735	1710	1623	1579	125.9	112.6	206.9	171.6
P6	1636	1599	2414	2005	2961.2	2081.5	2102.1	1983.9	1212	1640	1921	1321	110.8	95.9	190.8	135.7
P7	1742	1723	2485	2285	2450.0	1886.2	1830.7	1499.0	1260	1910	1890	1719	105.1	108.4	203.4	166.1
P8	1650	1685	2114	2333	2402.9	2331.2	2349.7	1697.7	1160	1573	1403	1450	100.8	104.1	172.1	139.2
P9	1704	1717	2126	2298	2129.1	1757.3	2591.2	2117.8	1512	1440	1366	1763	108.8	102.7	148.5	170.7
P10			2008	2210			2479.8	2328.6			1578	1774			158.7	162.1
P11	1654	1642	2029	2346	2987.2	1845.9	1754.8	1527.4	1527	1870	1431	1647	112.2	110.0	201.6	169.7
P12	1618	1672	2087	2032	2416.7	2042.7	2811.5	2169.0	1390	1614	1610	1522	133.3	101.3	145.8	147.3
P13	1728	1621	2343	2327	2918.3	1860.1	1868.0	2236.8	1550	1508	1428	1486	138.6	97.2	192.4	155.0
P14	1739	1685	2108	2109	3003.2	2268.9	2432.3	2089.3	1471	1731	1791	1425	131.0	113.5	173.1	137.1
P15	1624	1664	2298	2034	2828.1	2168.8	2661.1	2158.0	1148	1611	1426	1390	128.8	100.2	163.2	148.8
P16	1601	1725	2144	2062	2043.6	2401.8	2650.2	2339.0	1559	1926	1526	1419	135.6	103.5	149.9	134.3
P17	1690	1598	2119	2153	2428.5	2415.9	1982.2	1970.0	1292	1767	1364	1457	111.3	99.0	156.6	144.1
P18	1630	1559			2133.4	1947.4			1202	1643			114.9	97.9		



Sample	Ni				Pb				Rb				Sb			
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
Control	1.33	0.93	1.33	0.93	8.86	9.13	8.86	9.13	7.42	6.74	7.42	6.74	610	601	610	601
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
P1	2.1	1.3	2.5	2.9	15.2	15.2	33.5	30.1	6.8	7.3	7.5	6.8	1409	1458	2359	2841
P2	2.0	1.4	3.2	2.4	13.9	12.5	38.9	35.6	6.7	6.0	7.6	5.6	1430	1518	3235	3026
P3	1.8	1.7	3.2	2.3	14.2	14.8	39.2	38.2	8.4	7.0	6.0	5.7	1371	1582	2522	3596
P4	2.2	1.8	2.6	3.0	15.2	13.7	35.6	38.7	7.3	7.5	7.5	5.8	1413	1452	2389	2743
P5	1.8	1.8	3.0	2.3	12.5	15.0	39.6	29.0	6.6	7.3	6.8	6.2	1354	1651	3099	3042
P6	1.5	1.8	3.3	2.1	13.8	14.7	37.4	40.4	6.7	6.7	8.1	6.3	1305	1429	3168	3305
P7	2.3	1.3	2.9	2.6	14.6	14.0	36.8	38.1	8.2	7.1	5.9	6.5	1484	1618	3054	3286
P8	1.3	1.6	2.5	2.8	12.8	14.3	34.3	39.2	6.2	6.8	6.9	5.8	1251	1480	3259	3463
P9	1.6	1.5	2.2	2.7	13.7	11.9	28.4	28.2	6.2	5.9	7.7	6.8	1425	1384	2721	2823
P10			3.1	3.2			33.7	43.6			6.2	6.4			2870	3179
P11	2.1	1.9	3.0	3.0	13.6	15.1	30.8	37.8	8.1	7.3	7.9	7.0	1300	1695	2816	3491
P12	1.8	1.4	2.4	2.3	15.0	15.9	27.9	30.4	8.1	6.4	5.9	6.7	1324	1422	2550	3350
P13	1.9	1.2	3.2	2.9	14.9	11.5	41.7	36.3	8.1	5.7	5.8	7.1	1507	1550	3028	2731
P14	2.1	1.8	3.2	2.3	14.9	14.0	31.1	30.9	6.5	7.7	7.9	6.5	1457	1540	2635	2954
P15	1.7	1.3	2.5	2.4	12.8	14.2	30.8	32.7	7.2	6.1	6.2	6.1	1310	1662	2419	2788
P16	2.1	1.2	2.7	2.3	13.5	12.3	29.4	29.3	8.3	6.5	6.3	6.3	1516	1435	3050	2826
P17	1.7	1.5	2.4	2.0	13.0	12.6	31.3	33.5	8.0	6.6	5.9	5.8	1271	1466	2804	3080
P18	1.6	1.2			13.1	13.0			6.6	6.0			1418	1429		

Sample	Sr				Ti				V				Zn			
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
Control	31.32	32.76	31.32	32.76	121.6	119	121.6	119	3.03	2.87	3.03	2.87	83.99	60.47	83.99	60.47
	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI	LU	PU	LI	PI
P1	36.41	35.3	37.28	33.3	103.4	102.5	103.4	113.2	5.3	4.9	8.7	9.7	192.1	129.8	2842.9	2400.1
P2	39.94	33.9	36.44	33.3	100.6	109.4	102.9	110.5	5.0	5.9	8.5	8.0	190.8	116.9	3756.0	2317.8
P3	41.01	38.3	38.19	40.5	100.1	111.1	115.7	102.9	4.2	6.1	8.7	8.7	169.5	124.0	3034.5	2789.5
P4	33.62	36.5	42.48	39.0	99.2	112.3	108.4	112.6	5.2	5.9	7.0	8.9	192.2	105.7	3600.0	2651.8
P5	35.34	36.8	36.56	36.9	93.2	107.7	114.7	100.8	4.3	5.6	8.4	8.3	188.0	131.3	3504.5	2567.0
P6	34.17	33.9	41.18	32.3	106.4	109.3	111.3	98.2	4.5	6.2	8.2	8.2	164.7	119.0	3275.4	2458.0
P7	33.29	37.4	40.01	39.5	94.7	113.4	107.7	107.8	5.2	6.0	8.0	9.0	176.0	104.8	3724.8	2668.6

P8	33.41	32.9	39.35	35.0	108.7	105.2	97.7	110.0	4.4	4.8	7.1	9.5	160.0	119.3	2592.9	2334.8
P9	31.59	32.0	41.58	38.7	105.8	99.4	96.6	113.3	4.9	4.9	7.4	9.1	183.1	109.3	2431.1	2281.4
P10			38.98	37.1			97.5	111.6			7.0	9.2			3051.2	2423.7
P11	39.97	39.6	40.26	39.6	99.6	103.5	112.6	110.9	5.0	5.9	7.2	8.8	166.1	126.4	2513.5	2135.2
P12	39.03	34.0	35.86	37.7	110.6	96.5	107.9	107.0	5.3	5.0	7.7	8.6	180.6	101.2	2881.3	1965.2
P13	38.29	32.1	38.71	34.3	93.9	105.1	116.4	108.0	4.8	5.0	8.6	8.4	188.1	102.2	2676.5	2234.0
P14	40.01	36.8	37.78	33.8	96.4	106.9	101.3	100.9	4.9	5.6	7.5	7.5	169.1	131.4	3040.7	2041.4
P15	37.48	34.8	34.44	32.4	103.1	98.8	104.5	101.5	4.1	4.6	6.9	8.4	185.6	110.6	2579.1	2009.7
P16	38.51	35.6	35.95	32.5	111.1	99.7	110.0	99.1	4.3	4.7	7.4	8.1	162.4	103.7	2664.5	2477.9
P17	33.49	40.7	36.05	32.0	112.5	103.2	99.6	102.4	4.2	5.4	7.3	8.0	173.5	100.4	2500.3	2059.0
P18	32.61	36.3			105.9	104.8			5.4	4.8			179.2	115.0		

Anexo 4. Matriz de consistencia

Problema General	Hipótesis General	Objetivo General	Indicador	Variable	Escala
¿Qué alternativa biológica eficaz se puede aplicar para el monitoreo atmosférico de elementos traza en zona urbana e industrial?	El uso de la <i>Tillandsia Latifolia</i> y <i>T. Purpurea</i> son eficientes para el biomonitoreo de elementos traza en zona urbana e industrial	Evaluar la eficiencia de absorción de metales pesados a través especie <i>Tillandsia Latifolia</i> y <i>T. Purpurea</i>	Grupo elementos traza	Independiente	Biomonitores
Problemas específicos	Hipótesis específicos	Objetivos específicos			
¿Existen condiciones operativas para la adaptación y biomonitoreo con las especies de <i>Tillandsia Latifolia</i> y <i>T. Purpurea</i> en zona urbana e industrial?	Existen condiciones operativas optimas en la adaptación durante la adaptación y proceso de biomonitoreo de elementos traza en las zona urbana e industrial	Determinar las condiciones operativas optimas en la adaptación y biomonitoreo de metales pesados en las zonas contaminadas	Absorción de contaminantes y cuantificación de elementos traza		Precipitación ppm Humedad Temperatura (°C)
¿Cómo evaluar la eficacia de absorción de metales pesados mediante el biomonitoreo con <i>Tillandsia Latifolia</i> y <i>T. Purpurea</i> en zonas contaminadas?	La eficiencia de absorción de elementos traza mediante el biomonitoreo con <i>Tillandsia Latifolia</i> y <i>T. Purpurea</i> en zona urbana e industrial se evalúa con análisis IPC MS en laboratorio	Evaluar los análisis del IPC MS que determinan la eficiencia de la absorción de elementos traza mediante uso de <i>Tillandsia Latifolia</i> y <i>T. Purpurea</i> como biomonitores en zonas contaminadas	Técnica de espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado IPC-MS.	Dependiente	Elementos traza (µm)



Anexo 5. Imagenes de toda la ejecucion de la tesis.



*Figura 38.* Tillandsia *latifolia* San Gerónimo de Surco.



*Figura 39.* Tillandsia *latifolia* en copa de árbol San Gerónimo de Surco



*Figura 40.* Indicando la tillandsia *latifolia* en el tillandsial de San Gerónimo de Surco.



*Figura 41.* Muestra del tamaño de tillandsia *latifolia*.



*Figura 42.* Indicando Tillandsia *purpurea* en el tillandsial de Cañete.



*Figura 43.* Muestra de tillandsia *purpurea*.





*Figura 44.* Preparando para el lavado y desinfección



*Figura 45:* Pesado de muestra pre lavado



*Figura 46.* Indicando el lugar de lavado de tillandsias.



*Figura 47.* Lavado y desinfección de tillandsias con agua destilada.



*Figura 48.* Secado a temperatura ambiente de tillandsias.



*Figura 49.* Pesado de Tillandsias pre transplante.



*Figura 50. Contabilización de Tillandsia.*



*Figura 51. Enmallado de tillandsias según su especie.*



*Figura 52. Muestra de tamaño de ambas especies.*



*Figura 53. Ubicación de puntos para trasplante y elaboración de mapas ZU y ZI.*





*Figura 54.* Trasplante y muestra de altura de 2.5 – 3 m de biomonitores ZU.



*Figura 55.* Trasplante de biomonitores ZI y muestra de altura 2.5 -3m.



*Figura 56.* Biomonitordeo zona urbana.



*Figura 57.* Biomonitordeo zona industrial.



*Figura 58.* Recolección de biomonitores zona industrial.



*Figura 59.* Vista panorámica Zona industrial



*Figura 60.* Recolección de biomonitores punto por punto ZI.



*Figura 61.* Rotulado de biomonitor y punto de biomonitoreo.



*Figura 62.* Recolección de biomonitores zona urbana.



*Figura 63.* Recolección de biomonitor punto por punto.





*Figura 64.* Embolsado de biomonitores.



*Figura 65.* Embolsado y rotulado de biomonitor punto por punto.



*Figura 66.* Florecimiento el biomonitor durante el tiempo de exposición.



*Figura 67.* Cambios fiscos de ambas especies de biomonitor.



*Figura 68.* Limpieza de biomonitores pre lavado desinfección.



*Figura 69.* Lavado superficial con agua destilada.



Figura 70. Desojado de biomonitores por separado, rotulado de bandeja de papel aluminio por especie zona y punto.



Figura 71. Pesado de biomonitor *latioliola* pre secado al horno.



Figura 72. Pesado de biomonitor *purpurea*.



Figura 73. Muestra para el secado 4 bandejas.



Figura 74. Secado a 60 °C por 72 horas.



Figura 75. Secado en secador de aire en 4 bandejas





*Figura 76. Secado a 60 °C por 72 horas.*



*Figura 77. Molienda de los biomoniores.*



*Figura 78. Muestra del molido de los biomonitores especie zona y punto.*



*Figura 79. Muestra del molido de biomonitor especie zona y punto.*



*Figura 80: Tamizado del molido a 5mm*



*Figura 81: Embazado de muestra para proceso químico.*



*Figura 82.* Homogenizado de muestra a 20 ml.



*Figura 83.* Empaquetado de muestras



*Figura 84:* Muestras para su respectivo proceso químico .



*Figura 85:* Trabajo de gabinete .

Anexo 6: Formato 01: Datos de colecta en Zonas testigo

Formato 01: Datos de colecta en Zonas testigo.				
Datos de colecta	Especie de Tillandsia			
	Tillandsia <i>latifolia</i>		Tillandsia <i>purpurea</i>	
Cantidad:	42		42	
Especie madura:	<del>Si</del>	No	<del>Si</del>	N
Zona testigo:	Santiago de Surco		San Vicente de Cañete	
Distrito	Huarochirí		Lunahuaná	
Altura	2-3.50m		Nivel el suelo	
Coordenadas UTM:	S: -11.891227		S: -13.076088	
	W: -79.440146		W: -76.240059	
Fecha:	26/03/2019		27/03/2019	
Responsables:	Hérica Yauri y Xionara Vilca			
Observación de la Zona:	Zona agrícola alejado del pueblo a 2km		Suelo franco arenoso ubicado en la loma a 3km de Lunahuaná	



Anexo 7: Formato 02: Control de biomonitorio en zona urbana e industrial de Lurigancho

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho									
Responsable del biomonitorio:									
Fecha:		Localidad	1) Chosica (ZU)		2) Cajamarquilla (ZI)				
N° de visita:		Hora:			Firma:				
Marcar con un visto cada ítem según corresponda :									
Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P 1	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 2	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 3	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 4	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 5	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 6	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 7	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 8	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 9	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 10	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 11	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 12	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 13	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 14	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 15	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 16	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 17	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 18	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 19	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 20	T. latifolia								
	T. purpurea								
P 21	T. latifolia								
	T. purpurea								

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Hérica Yauri Molina y Xiomara Vilca M.

Fecha: 07/10/2014 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI) X

Nº de visita: 01 Hora: 8:30 am - 11:45 p Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P 1	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	Adaptándose sin cambios físicos todos los puntos
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 2	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 3	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 4	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 5	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 6	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 7	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 8	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 9	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 10	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 11	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 12	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	Crecimiento
	T. purpurea	✓	---	✓	---	✓	---	---	
P 13	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 14	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 15	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 16	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 17	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 18	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 19	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 20	T. latifolia	/	/	/	/	/	/	/	
	T. purpurea	/	/	/	/	/	/	/	
P 21	T. latifolia	/	/	/	/	/	/	/	
	T. purpurea	/	/	/	/	/	/	/	



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Hérica Yauri Molina y Xiomara Vilca Montroy

Fecha: 07/04/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) X 2) Cajamarquilla (ZI)

Nº de visita: 01 Hora: 09:16 am 1:40 pm Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	Adaptándose a todas las partes sin cambios físicos
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P2	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	Sin cambios físicos
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P3	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	Sin cambios físicos
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P4	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P5	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P6	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P7	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P8	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P9	T. latifolia	✓	---	✓	---	✓	---	---	Orbes de floración
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P10	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P11	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P12	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P13	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P14	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P15	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P16	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P17	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P18	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P19	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P20	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P21	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Héctor Yara Molina y Xiomara Vilca Manríquez

Fecha: 31/04/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI) X

N° de visita: 02 Hora: 9:00 am a 2:18 pm Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P 1	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	Sin cambios físicos
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 2	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 3	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 4	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 5	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 6	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 7	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 8	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 9	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 10	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 11	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 12	T. latifolia	✓	---	✓	---	✓	---	---	Solo floración
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 13	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 14	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 15	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 16	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 17	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 18	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 19	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 20	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P 21	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	

**Formulario 02: Control de biocontroleros en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho**

Responsable del biocontrolero: <u>Xiomara Vilca Alencar y Heriberto Viquez Molenda</u>						
Fecha: <u>14-04-19</u>		Localidad: <u>1) Chosica (ZU) y</u>		2) Cajamanga (ZI)		
N° de visita: <u>02</u>		Hora: <u>2:25</u>		Firma: <u>[Firma]</u>		

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en <i>Tillandsia latifolia</i> y <i>T. purpurea</i>							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presencia abstracción en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P2	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P3	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P4	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P5	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P6	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P7	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P8	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P9	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P10	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P11	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P12	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P13	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P14	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P15	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P16	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P17	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P18	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P19	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P20	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P21	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Hérica Yauri Melina y Xiomara Vilca Monroy

Fecha: 21/04/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) X 2) Cajamarquilla (ZI)

Nº de visita: 03 Hora: 2:20pm a 6:14pm Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P2	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P3	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P4	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P5	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P6	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P7	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P8	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P9	T. latifolia	✓	—	✓	—	✓	✓	—	Floración
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P10	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P11	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P12	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P13	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P14	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P15	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P16	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P17	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P18	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P19	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P20	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
P21	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	✓	—	—

**Formulario 02: Control de biocontrol en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Languecho**

Responsable del biocontrol:	Xaramasco, Ulises, Rosales y Henkel y Juan, Hilda		
Fecha:	21-04-19	Localidad:	Chetumal (ZU)
N° de visita:	03	Hora:	9:10
		Firma:	[Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona	Características físicas encontradas en <i>Tillandsia latifolia</i> y <i>T. purpurea</i>								
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presencia de alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otras observaciones
P1	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P2	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P3	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P4	<i>T. latifolia</i>	✓				✓		✓	
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓		✓	
P5	<i>T. latifolia</i>	✓				✓		✓	
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓		✓	
P6	<i>T. latifolia</i>	✓			✓	✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓			✓	✓			
P7	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P8	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P9	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P10	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P11	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P12	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P13	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P14	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P15	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P16	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P17	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P18	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P19	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P20	<i>T. latifolia</i>								
	<i>T. purpurea</i>								
P21	<i>T. latifolia</i>								
	<i>T. purpurea</i>								

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Herica Yara Melum y Ximena Vilca

Fecha: 28/04/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI)

Nº de visita: 01 Hora: 8:34 am a 12:19 pm Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P2	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P3	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P4	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	✓	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	✓	
P5	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	✓	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	✓	
P6	T. latifolia	✓	---	---	✓	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P7	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P8	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P9	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P10	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P11	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P12	T. latifolia	✓	---	✓	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P13	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	Floración/muñido
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P14	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P15	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P16	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P17	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P18	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P19	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	
P20	T. latifolia	/	/	/	/	/	/	/	
	T. purpurea	/	/	/	/	/	/	/	
P21	T. latifolia	/	/	/	/	/	/	/	
	T. purpurea	/	/	/	/	/	/	/	



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho									
Responsable del biomonitorio: <u>Xiomara Vilca Montoya y Heirika Yauri Molina</u>									
Fecha:	<u>28-04-19</u>		Localidad	1) Chosica (ZU) <u>x</u>		2) Cajamarquilla (ZI)			
Nº de visita:	<u>04</u>		Hora:	<u>9:30</u>		Firma:	<u>[Signature]</u>		
Marcar con un visto cada ítem según corresponda :									
Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P2	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P3	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P4	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P5	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P6	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P16	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P19	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P20	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P21	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Hellen Yaura Molina y Xiomara Vilas Montero

Fecha: 06/05/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) X 2) Cajamarquilla (ZI)

Nº de visita: 05 Hora: 2:16 pm 5:58 pm Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓	—	✓	✓	—	—	—	Puntos blancos
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	Puntos blancos
P2	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntos blancos
	T. purpurea	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntos blancos
P3	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P4	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntos negros
	T. purpurea	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntos negros
P5	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P6	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntos negros
	T. purpurea	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntos negros
P7	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P8	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P9	T. latifolia	✓	—	✓	—	—	—	—	Floración [Signature]
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P10	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P11	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P12	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P13	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P14	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P15	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P16	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P17	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P18	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P19	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P20	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P21	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Xiomara Vilca Montoya y Merjeka Yauri Molina

Fecha: 05-05-19 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI) X

Nº de visita: 05 Hora: 2:48 Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea								Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad		
P 1	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P2	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P3	T. latifolia	✓						✓		
	T. purpurea	✓						✓		
P4	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P5	T. latifolia	✓						✓		
	T. purpurea	✓						✓		
P6	T. latifolia	✓			✓					
	T. purpurea	✓			✓					
P7	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P8	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P9	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P10	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P11	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P12	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P13	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P14	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P15	T. latifolia	✓					✓			
	T. purpurea	✓					✓			
P16	T. latifolia	✓					✓			
	T. purpurea	✓					✓			
P17	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P18	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P19	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P20	T. latifolia									
	T. purpurea									
P21	T. latifolia									
	T. purpurea									



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho									
Responsable del biomonitorio: <u>Hérica Yauri Molina y Ziomara Vilca</u>									
Fecha:	<u>12/05/2019</u>	Localidad:	<u>1) Chosica (ZU)</u>	<u>2) Cajamarquilla (ZI)</u>					
Nº de visita:	<u>06</u>	Hora:	<u>9:16 am - 1:13p</u>	Firma:	<u>[Signature]</u>				
Marcar con un visto cada ítem según corresponda:									
Punto por zona:	Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea								
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P2	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P3	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	✓	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	✓	---
P4	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P5	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	✓	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	✓	---
P6	T. latifolia	✓	---	---	✓	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	✓	✓	---	---	---
P7	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P8	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P9	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P10	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P11	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P12	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	✓	---	✓	---	---	Floración/marchitado
P13	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P14	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P15	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	✓	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	✓	---
P16	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	✓	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	✓	---
P17	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	✓	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P18	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P19	T. latifolia	✓	---	---	---	✓	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	✓	---	---	---
P20	T. latifolia	---	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	---	---	---	---	---	---	---	---
P21	T. latifolia	---	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	---	---	---	---	---	---	---	---

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Xiomara Vilela Monroy y Henika Yauri Molina

Fecha: 12-03-19 Localidad: 1) Chosica (ZU) X 2) Cajamarquilla (ZI)

Nº de visita: 06 Hora: 9:50 Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P2	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P3	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P5	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P6	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P16	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P19	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P20	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P21	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho									
Responsable del biomonitorio: <u>Heleca Yara Molina y Xiomara Velazco</u>									
Fecha:	<u>31/05/2019</u>	Localidad:	<u>1) Chosica (ZU)</u>	<u>2) Cajamarquilla (ZI)</u>					
Nº de visita:	<u>07</u>	Hora:	<u>8:37 am</u>	Firma:					
Marcar con un visto cada ítem según corresponda:									
Punto por zona:	Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea								
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P 1	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 2	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 3	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 4	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 5	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 6	T. latifolia	✓	---	---	✓	---	---	---	Rinde/RyB
	T. purpurea	✓	---	---	✓	---	---	---	Rinde/RyB
P 7	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 8	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 9	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 10	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 11	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 12	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 13	T. latifolia	✓	---	---	---	---	✓	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	✓	---	---
P 14	T. latifolia	✓	---	---	---	---	✓	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	✓	---	---
P 15	T. latifolia	✓	---	---	---	---	✓	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	✓	---	---
P 16	T. latifolia	✓	---	---	---	---	✓	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	✓	---	---
P 17	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 18	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 19	T. latifolia	---	✓	---	---	---	---	---	Perdido
	T. purpurea	---	✓	---	---	---	---	---	---
P 20	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---
P 21	T. latifolia	✓	---	---	---	---	---	---	---
	T. purpurea	✓	---	---	---	---	---	---	---

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho									
Responsable del biomonitorio: <u>Xiomara Vilca Maniro y Henika Yauri Molina</u>									
Fecha: <u>19-03-19</u>		Localidad		1) Chosica (ZU)		2) Cajamarquilla (ZI) <u>X</u>			
N° de visita: <u>07</u>		Hora: <u>2:15</u>		Firma: <u>[Signature]</u>					
Marcar con un visto cada ítem según corresponda:									
Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P2	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P3	T. latifolia	✓						✓	
	T. purpurea	✓						✓	
P4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P5	T. latifolia	✓						✓	
	T. purpurea	✓						✓	
P6	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓					✓		
	T. purpurea	✓					✓		
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓					✓		
	T. purpurea	✓					✓		
P16	T. latifolia	✓					✓		
	T. purpurea	✓					✓		
P17	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P18	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P19	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P20	T. latifolia								
	T. purpurea								
P21	T. latifolia								
	T. purpurea								



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Mónica Yawn Molino y Xiomara Ulla

Fecha: 26/05/2014 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI)

Nº de visita: 08 Hora: 2:45 pm - 6:10 Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P2	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P3	T. latifolia	✓				✓		✓	
	T. purpurea	✓				✓		✓	
P4	T. latifolia	✓				✓		✓	
	T. purpurea	✓				✓		✓	
P5	T. latifolia	✓				✓			hombros / 10 y 15
	T. purpurea	✓				✓			Puntas 10 y 15
P6	T. latifolia	✓			✓	✓			
	T. purpurea	✓			✓	✓			
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P14	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P15	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P16	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P17	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P18	T. latifolia	✓	✓						Perdido
	T. purpurea	✓	✓						Perdido
P19	T. latifolia	✓	✓						Perdido
	T. purpurea	✓	✓						Perdido
P20	T. latifolia	✓	✓						
	T. purpurea	✓	✓						
P21	T. latifolia	✓	✓						
	T. purpurea	✓	✓						

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho				
Responsable del biomonitorio: <u>Xiomara Ulca Montero y Renika Yauri Medina</u>				
Fecha:	<u>26-05-19</u>	Localidad:	1) Chosica (ZU) <u>X</u>	2) Cajamarquilla (ZI)
Nº de visita:	<u>08</u>	Hora:	<u>9:12</u>	Firma: <u>[Signature]</u>

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P2	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P3	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P5	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P6	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P16	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P19	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P20	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P21	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho									
Responsable del biomonitorio: <u>Herica Yauri Molina y Xuamir Vite</u>									
Fecha: <u>02/06/19</u>		Localidad: <u>1) Chosica (ZU) X</u>		2) Cajamarquilla (ZI)					
Nº de visita: <u>09</u>		Hora: <u>8:20am</u>		Firma: <u>[Signature]</u>					
Marcar con un visto cada ítem según corresponda:									
Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓			✓				Presencia hongos
	T. purpurea	✓			✓				Presencia hongos
P2	T. latifolia	✓			✓				Presencia hongos
	T. purpurea	✓			✓				Presencia hongos
P3	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P5	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P6	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P16	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P19	T. latifolia	—	✓			—			Perdido
	T. purpurea	—	✓			—			Perdido
P20	T. latifolia	—	✓			—			Perdido
	T. purpurea	—	✓			—			Perdido
P21	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Xiomara Vilca Monroy y Henlea Tami Molina

Fecha: 02-06-19 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI) X

Nº de visita: 09 Hora: 3:20 Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea								Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad		
P1	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P2	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P3	T. latifolia	✓						✓		
	T. purpurea	✓						✓		
P4	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P5	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P6	T. latifolia	✓			✓	✓				
	T. purpurea	✓			✓	✓				
P7	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P8	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P9	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P10	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P11	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P12	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P13	T. latifolia	✓					✓			
	T. purpurea	✓					✓			
P14	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P15	T. latifolia	✓					✓			
	T. purpurea	✓					✓			
P16	T. latifolia	✓					✓			
	T. purpurea	✓					✓			
P17	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P18	T. latifolia		✓							
	T. purpurea		✓							
P19	T. latifolia	✓				✓				
	T. purpurea	✓				✓				
P20	T. latifolia									
	T. purpurea									
P21	T. latifolia									
	T. purpurea									

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Hérica Yauri Molina y Xionara Vilca Montrey

Fecha: 09/06/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarguilla (ZI)

Nº de visita: 10 Hora: 09:16 am 1:40 pm Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P2	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P3	T. latifolia	✓	—	—	—	—	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P4	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P5	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P6	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntas Byr
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P7	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P8	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	—	Punto 040
	T. purpurea	✓	—	—	✓	—	—	—	Punto 040
P9	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	—	Punto 040
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P10	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P11	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P12	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P13	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	—	Puntas Byr
	T. purpurea	✓	—	—	✓	—	—	—	11
P14	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P15	T. latifolia	✓	—	—	—	—	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	✓	—	—
P16	T. latifolia	✓	—	—	—	—	✓	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	✓	—	—
P17	T. latifolia	✓	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	✓	—	—	—	—	—	—	—
P18	T. latifolia	—	✓	—	—	—	—	—	Punto 0
	T. purpurea	—	✓	—	—	—	—	—	11
P19	T. latifolia	—	✓	—	—	—	—	—	11
	T. purpurea	—	✓	—	—	—	—	—	11
P20	T. latifolia	—	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	—	—	—	—	—	—	—	—
P21	T. latifolia	—	—	—	—	—	—	—	—
	T. purpurea	—	—	—	—	—	—	—	—



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Xiomara Vilca Morro y Henika Yauri Molina

Fecha: 09-06-19 Localidad: 1) Chosica (ZU) x 2) Cajamarquilla (ZI)

Nº de visita: 10 Hora: 8:40 Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P2	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P3	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P5	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P6	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P16	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia	✓		✓		✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P19	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P20	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P21	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						

Formato 01: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Florencia Yaris Molina y Xiomara Velazco

Fecha: 16/06/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) ☒ 2) Cajamarguilla (ZI)

Nº de visita: 11 Hora: 8:30 am a 12:18 am Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	✓	Perdido
	T. purpurea	✓	—	—	✓	—	—	✓	
P2	T. latifolia	✓	—	—	✓	—	—	✓	"
	T. purpurea	✓	—	—	✓	—	—	✓	
P3	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P4	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P5	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P6	T. latifolia	✓	—	—	✓	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	✓	✓	—	—	
P7	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P8	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P9	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	manchada
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P10	T. latifolia	✓	✓	—	—	✓	—	—	Perdido
	T. purpurea	✓	✓	—	—	✓	—	—	
P11	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P12	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P13	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P14	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P15	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P16	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P17	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P18	T. latifolia	✓	—	—	—	✓	—	—	"
	T. purpurea	✓	—	—	—	✓	—	—	
P19	T. latifolia	—	✓	—	—	✓	—	—	Perdido
	T. purpurea	—	✓	—	—	✓	—	—	
P20	T. latifolia	—	✓	—	—	—	—	—	"
	T. purpurea	—	✓	—	—	—	—	—	
P21	T. latifolia	—	✓	—	—	—	—	—	"
	T. purpurea	—	✓	—	—	—	—	—	



Formato 02: Control de biomonitoreo en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitoreo: Xiomara Vilca Maniro y Herika Yauri Molina

Fecha: 16-06-19 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI) X

Nº de vista: 11 Hora: 2:16 Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P2	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓			
P3	T. latifolia	✓					✓		
	T. purpurea	✓					✓		
P4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P5	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P6	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓					✓		
	T. purpurea	✓					✓		
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P16	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P19	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P20	T. latifolia								
	T. purpurea								
P21	T. latifolia								
	T. purpurea								

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Héctor Yauri Molina y Xiomara Vilca Meneses

Fecha: 23/06/2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI) X

Nº de visita: 12 Hora: 2:10 para 6:13 pm Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							Otra observación
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	
P1	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P2	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P3	T. latifolia	✓					✓		
	T. purpurea	✓					✓		
P4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P5	T. latifolia	✓				✓	✓		Pérdida N y B
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P6	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓							Pérdida N y B
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P13	T. latifolia	✓					✓		Pérdida N y B
	T. purpurea	✓					✓		
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P16	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia		✓						Pérdida
	T. purpurea		✓						
P19	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P20	T. latifolia								
	T. purpurea								
P21	T. latifolia								
	T. purpurea								



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Litigarcho

Responsable del biomonitorio: Xiomara Vilca Montoya y Hilda Yauri Molino

Fecha: 23-06-19 Localidad: 1) Chosica (ZU) X 2) Cajamarcha (ZI)

N° de visita: 12 Hora: 9:10 Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en <i>Tillandsia latifolia</i> y <i>T. purpurea</i>							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	<i>T. latifolia</i>	✓			✓				manchas en
	<i>T. purpurea</i>	✓			✓				hojas (amaras)
P2	<i>T. latifolia</i>	✓			✓				manchas en
	<i>T. purpurea</i>	✓			✓				grandes plantas
P3	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P4	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P5	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P6	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P7	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P8	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P9	<i>T. latifolia</i>	✓		✓		✓			manchas en
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P10	<i>T. latifolia</i>		✓			✓			
	<i>T. purpurea</i>		✓			✓			
P11	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P12	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P13	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P14	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P15	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P16	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P17	<i>T. latifolia</i>	✓				✓			
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P18	<i>T. latifolia</i>	✓		✓		✓			hojas amarillas
	<i>T. purpurea</i>	✓				✓			
P19	<i>T. latifolia</i>		✓						
	<i>T. purpurea</i>		✓						
P20	<i>T. latifolia</i>		✓						
	<i>T. purpurea</i>		✓						
P21	<i>T. latifolia</i>		✓						
	<i>T. purpurea</i>		✓						



Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Henca Yauri Molina y Ximara ✓

Fecha: 20-06-2019 Localidad: 1) Chosica (ZU) X 2) Cajamarquilla (ZI)

N° de visita: 13 Hora: 3:20pm a 6:16pm Firma: [Signature]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda :

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P 1	T. latifolia	✓			✓				Perdida de flores B y N
	T. purpurea	✓			✓				
P 2	T. latifolia	✓			✓				
	T. purpurea	✓			✓				
P 3	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 4	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 5	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 6	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 8	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 10	T. latifolia		✓						Perdida de flores
	T. purpurea		✓						
P 11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 13	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 15	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 16	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 18	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P 19	T. latifolia		✓						Perdida de flores
	T. purpurea		✓						
P 20	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P 21	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						

Formato 02: Control de biomonitorio en Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho

Responsable del biomonitorio: Xiomara Vilca, Monroy y Heike Yaeli Molino

Fecha: 30-06-19 Localidad: 1) Chosica (ZU) 2) Cajamarquilla (ZI) X

Nº de visita: 13 Hora: 3:40 Firma: [Firma]

Marcar con un visto cada ítem según corresponda:

Punto por zona:		Características físicas encontradas en Tillandsias latifolia y T. purpurea							
Punto	Especie	Fue ubicado	No fue ubicado	Presencia de floración	Presenta alteración en hojas	Se adapta a la zona	Baja presencia de humedad	Alta presencia de humedad	Otra observación
P1	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓		✓	
P2	T. latifolia	✓				✓		✓	
	T. purpurea	✓				✓			
P3	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P4	T. latifolia	✓						✓	
	T. purpurea	✓						✓	
P5	T. latifolia	✓						✓	
	T. purpurea	✓						✓	
P6	T. latifolia	✓			✓			✓	
	T. purpurea	✓			✓				
P7	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P8	T. latifolia	✓						✓	
	T. purpurea	✓					✓		
P9	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P10	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P11	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P12	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓		✓		✓			
P13	T. latifolia	✓					✓		
	T. purpurea	✓					✓		
P14	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P15	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P16	T. latifolia	✓				✓	✓		
	T. purpurea	✓				✓	✓		
P17	T. latifolia	✓				✓			
	T. purpurea	✓				✓			
P18	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P19	T. latifolia		✓						
	T. purpurea		✓						
P20	T. latifolia								
	T. purpurea								
P21	T. latifolia								
	T. purpurea								

Anexo 8: Formato 03: Control de peso de biomonitores de la zona urbana e industrial de Lurigancho

Formato 03: Control de peso biomonitores de la Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho					
Responsable del pesaje:					
Fecha:		Localidad:		1) Chosica (ZU)	2) Cajamarquilla (ZI)
Hora:		Firma:			
Completar según corresponda :					
Punto por zona:		Pre monitoreo		Post monitoreo	
Punto	Especie	Peso después de limpieza y secado	Peso antes del secado en equipo de laboratorio	Peso después del molido	Peso en tubos falcon
P 1	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 2	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 3	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 4	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 5	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 6	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 7	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 8	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 9	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 10	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 11	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 12	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 13	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 14	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 15	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 16	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 17	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 18	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 19	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P 20	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				
P MADRE	<i>T. latifolia</i>				
	<i>T. purpurea</i>				



Formato 03: Control de peso biomonitores de la Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho					
Responsable del pesaje: <u>Hérica Yauri Molina</u>		Localidad: <u>1) Chosica (ZU)</u>		<u>2) Cajamarquilla</u> <del>20</del>	
Fecha: <u>15/06/2019</u>		Firma: <u>[Firma]</u>		<u>gr</u>	
Hora: <u>                    </u>					
Completar según corresponda: <u>gr</u>					
Punto por zona:		Post monitoreo			
Punto	Especie	Pre monitoreo Peso después de limpieza y secado	Peso antes del secado en equipo de laboratorio	Peso después del molido	Peso en tubos falcon
P1	T. latifolia	185.63	11.02	32.84	20
	T. purpurea	334.74	80.23	34.34	20
P2	T. latifolia	344.63	47.69	22.61	20
	T. purpurea	356.34	95.16	45.19	20
P3	T. latifolia	367.98	56.79	35.32	20
	T. purpurea	384.98	69.83	32.42	20
P4	T. latifolia	334.62	46.89	21.78	20
	T. purpurea	342.38	90.18	43.62	20
P5	T. latifolia	247.34	50.03	21.99	20
	T. purpurea	242.72	105.1	69.34	20
P6	T. latifolia	346.98	54.30	21.62	20
	T. purpurea		63.56	25.19	20
P7	T. latifolia	143.79	49.00	22.84	20
	T. purpurea	141.31	88.06	35.71	20
P8	T. latifolia	348.78	92.14	12.36	20
	T. purpurea	148.98	92.11	12.16	20
P9	T. latifolia	162.34	58.33	23.34	20
	T. purpurea	288.13	160.38	79.96	20
P10	T. latifolia	148.34	92.7	22.34	20
	T. purpurea	157.13	97.14	40.34	20
P11	T. latifolia	157.68	98.79	26.76	20
	T. purpurea	252.78	100.42	74.76	20
P12	T. latifolia	261.72	108.26	69.34	20
	T. purpurea	259.61	104.08	68.16	20
P13	T. latifolia	164.62	68.30	29.98	20
	T. purpurea	157.34	97.90	86.26	20
P14	T. latifolia	158.72	54.71	38.56	20
	T. purpurea	264.76	140.46	44.36	20
P15	T. latifolia	138.16	72.29	30.62	20
	T. purpurea	156.26	68.75	29.98	20
P16	T. latifolia	164.38	58.33	23.35	20
	T. purpurea	136.16	73.30	30.76	20
P17	T. latifolia	259.72	104.38	18.54	20
	T. purpurea	268.61	116.02	69.24	20
P18	T. latifolia				
	T. purpurea				
P19	T. latifolia				
	T. purpurea				
P20	T. latifolia				
	T. purpurea				
P MADRE	T. latifolia				
	T. purpurea				

Formato 03: Control de peso biomonitores de la Zona urbana (ZU) y Zona industrial (ZI) de Lurigancho					
Responsable del pesaje: <u>Xiomara Velazquez Manrique</u>					
Fecha: <u>15/07/19</u>		Localidad: <u>1) Chosica (ZI)</u>		2) Cajamarquilla (ZI)	
Hora: <u>5:40 pm</u>		Firma: <u>[Signature]</u>			
Completar según corresponda: <u>(gr)</u>					
Punto por zona:		Post monitoreo			
Punto	Especie	Pre monitoreo Peso después de limpieza y secado	Peso antes del secado en equipo de laboratorio	Peso después del molido (gr)	Peso en tubos falcon (gr)
P1	T. latifolia	246.33 gr	110.62 gr	74.05	20
	T. purpurea	123.66	77.11 gr	18.13	20
P2	T. latifolia	192.39	93.20 gr	86.39	20
	T. purpurea	196.87	103.09 gr	59.68	20
P3	T. latifolia	163.04	72.98 gr	30.02	20
	T. purpurea	180.51	88.36 gr	36.39	20
P4	T. latifolia	225.09	104.31 gr	68.08	20
	T. purpurea	184.34	96.47 gr	85.97	20
P5	T. latifolia	169.80	85.71 gr	31.40	20
	T. purpurea	123.08	78.79 gr	49.50	20
P6	T. latifolia	198.61	102.04 gr	67.42	20
	T. purpurea	164.77	80.06 gr	29.18	20
P7	T. latifolia	168.08	85.39 gr	32.57	20
	T. purpurea	131.92	75.31 gr	38.02	20
P8	T. latifolia	104.11	64.87 gr	24.28	20
	T. purpurea	253.27	132.8 gr	76.12	20
P9	T. latifolia	181.12	93.34 gr	81.33	20
	T. purpurea	127.04	69.68 gr	27.51	20
P10	T. latifolia	149.18			
	T. purpurea	97.40			
P11	T. latifolia	132.15	75.76 gr	65.90	20
	T. purpurea	130.24	95.15 gr	83.24	20
P12	T. latifolia	97.89	63.00 gr	26.38	20
	T. purpurea	94.53	53.59 gr	22.04	20
P13	T. latifolia	208.71	106.32 gr	68.52	20
	T. purpurea	131.47	75.47 gr	38.18	20
P14	T. latifolia	272.69	134.31 gr	77.20	20
	T. purpurea	146.91	79.31 gr	40.49	20
P15	T. latifolia	154.27	87.45 gr	33.80	20
	T. purpurea	178.58	92.01 gr	72.13	20
P16	T. latifolia	203.08	121.08 gr	73.84	20
	T. purpurea	170.34	89.74 gr	35.09	20
P17	T. latifolia	127.82	71.00 gr	32.93	20
	T. purpurea	179.08	93.08 gr	38.45	20
P18	T. latifolia	128.50	73.63 gr	33.22	20
	T. purpurea	156.17	88.09 gr	34.74	20
P19	T. latifolia				
	T. purpurea				
P20	T. latifolia				
	T. purpurea				
P MADRE	T. latifolia				
	T. purpurea				

## Anexo 9: Cronograma de actividades

[illegible]




Anexo 10: Presupuesto de materiales de pre y post biomonitordeo en las zonas urbana e industrial


<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Papel (millar)	1	15	S/. 15.00
Impresiones			S/. 100.00
Etiquetas para rotulado	100	10	S/. 10.00
Mayas para empacar	2	25.00	S/. 50.00
Materiales: Oz, pico, pala, sogas, clavos, hilo de pescar, guante, bolsas, lente de seguridad, cinta de embalaje, papel aluminio etc.	2	150.00	S/. 300.00
Tubos de centrifuga falcón	150	1.00	S/. 150.00
Caja de cartón para transporte	5	1.00	S/. 5.00
Pasajes	2	500	S/. 1000.00
Envío y análisis de muestras al laboratorio	2	4000	S/. 8000.00
Laptop	2	1700	S/. 3400.00
Software ( argis, estadistic )	2	1200	S/. 2400.00
Sub total			S/. 15,430.00

Anexo 11: Presupuesto de costos administrativos del proceso de tesis

<b>Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Asesor	2	300	600
Inscripción y asesoría de ejecución del proyecto de tesis	2	600	1200
Pago por derecho de sustentación	2	700	1400
Subtotal			3200
Laboratorios internos pre			
Subtotal			0
Laboratorios externos post			
Elementos traza	2	1500	3000
Subtotal			3000
Total			12435

Anexo 12: Solicitud de autorización para el desarrollo del proyecto de investigación en la jurisdicción de la Municipalidad de Lurigancho-Chosica.

  
*Una Institución Avanzada*

  
Municipalidad de Lurigancho  
S.O. de Administración Documentaria  
EXD 004211-2010  
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
Folios: 1, F/H: 29/04/2019 16:16

**CARGO**

Villa Unión, 29 de abril de 2019

Doctor  
**Víctor Castillo Sánchez**  
Alcalde  
Municipalidad Distrital de Lurigancho- Chosica  
Presente.-

ASUNTO: Solicitud de autorización para el desarrollo del proyecto de investigación en la Municipalidad Distrital de Lurigancho- Chosica

Es grato dirigirme a usted para saludarle cordialmente y desearle bendiciones en la labor que desempeña.

Mediante la presente, las bachilleres *Herica Yauri Molina*, identificado con DNI N° 44833867 y *Xiomara Rosa Vilca Monroy* identificado con DNI N° 74162520, tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; solicitan la autorización para la ejecución de la tesis titulada: "Medición de elementos traza en áreas urbana e industrial del distrito de Lurigancho Chosica, utilizando las especies *Tillandsias latifolia* y *purpuria* como biomonitor"; razón por la cual solicito a su persona pueda colaborar en dicha solicitud.

Quedo muy agradecida por su gentil atención y por su apoyo que brinda a nuestros futuros profesionales.

Cordialmente,

  
*Marilena Del Carmen Gutiérrez Rodríguez*  
DIRECTORA E.P. INGENIERÍA AMBIENTAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Anexo 13: Solicitud de información de datos meteorológicos del SENAMHI para proyecto de tesis.

Lima, Ñaña, 18 de noviembre de 2019.

Oficio N° 036-2019/UPeU-FIA-AMBIENTAL

Ingeniero  
**Jose Percy Barrón Lopez**  
Gerente General del SENAMHI  
Presente.-



**ASUNTO:** Solicitud de información para proyecto de tesis.

De mi especial consideración:

Reciban un cordial saludo y mis deseos de éxitos en las responsabilidades que desempeña.

Es grato presentarle a las bachilleres **Hérica Yauri Molina** y **Xiomara Rosa Vilca Monroy** identificadas con código universitario N° 201322534 y N° 201323046 respectivamente, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; solicitan autorización para obtener **datos meteorológicos de la estación de Chosica y la estación de Huachipa, de los meses de marzo a agosto de 2019**, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) como parte del desarrollo del proyecto de tesis titulado: **"Biomonitoreo de elementos traza en área urbana e industrial de Lurigancho – Chosica, utilizando las especies Tillandsia latifolia y T. purpurea como biomonitores"**.

Confianto en contar con su importante colaboración en beneficio de las investigaciones de nuestros futuros profesionales, me despido.

Atentamente,



**Mg. Hiana del Carmen Gutiérrez Rodríguez**  
Directora E. P. Ingeniería Ambiental  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Anexo 14: Solicitud de autorización para sacar equipo GPS fuera del campus UPeU para ubicación de puntos de biomonitoreo en investigación de tesis



Ñaña, 08 de Mayo de 2019

ING.  
Joel Hugo Fernández Rojas.  
Encargado del Área de laboratorio de ambiental

Presente.-

**ASUNTO:** Solicitud de autorización  
para sacar equipo de GPS fuera de  
la UPeU para investigación de  
tesis  
en el Distrito de Lurigancho.

Es grato dirigirnos a usted para saludarle cordialmente y  
desearle bendiciones en la labor que desempeña.

Mediante la presente, las bachilleres Herica Yauri Molina, identificada con DNI N°44823867 y  
Xiomara Rosa Vilca Monrroy, identificada con DNI N°74162520, tesisistas de la Escuela  
Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, solicitamos la  
autorización para préstamo de equipo de GPS fuera de la UPeU para el día 24 de Mayo del  
presente año.

Quedando muy agradecidas por su gentil atención y apoyo.

Atentamente,

Recibido el 08/05/19

Herica Yauri Molina  
DNI N°44823867

Xiomara Rosa Vilca Monrroy  
DNI N°74162520



## Anexo 15: Solicitud de permiso de uso de laboratorio de química, CITAL y CICAL

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Solicitamos: Permiso para el uso de Laboratorio de Química, CITAL y CICAL

**Doctor. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro**

Director de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias

Presente,-

Reciba nuestros cordiales saludos y deseos de bendición en la labor que realizan en la institución.

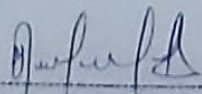
Nos dirigimos a usted para solicitar el uso de los laboratorios de Química, CITAL y CICAL de la escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias para realizar el secado, molienda y tamizado de la especie *Tillandsia latifolia* y *T. purpurea*, para su posterior análisis de elementos traza en un laboratorio externo. Con fines de investigación de nuestra tesis titulada: *"Evaluación la calidad de aire en Lurigancho - Chosica, utilizando las especies Tillandsia latifolia y T. purpurea como biomonitores de elementos traza"*. Por las tesis Herica Yauri Molina código de matrícula 20132253 y Xiomara Rosa, Vilca Monrroy código de matrícula 201323046.

A continuación, adjuntamos la lista de materiales y equipos que se necesitarán.

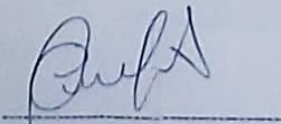
ITEM	MATERIALES/EQUIPOS	CANTIDAD
1	Mufla	1
2	Estufa	1
3	Molino de hojas	1
4	Tamiz ASTM (180, 125 Y 90 $\mu$ m)	1 de cada uno
5	Secador de bandeja con aire forzado	1
6	Campana desecadora	2
7	Pinza de madera	1
8	Balanza analítica	1
9	Crisol	6
10	Cucharita metálica	2
11	Agua destilada	2 Litros

Agradecidos por su gentil atención, nos despedimos.

Atentamente:



Herica Yauri Molina



Xiomara R. Vilca Monrroy



## Anexo 16: Códigos de Rstudio

```
Al<-read.csv("Al.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
fm = aov(Concentracion~Lugar, data = Al)
aov(Concentracion~Lugar, data = Al)
anovaAl<-aov(Concentracion~Lugar, data = Al)
summary(anovaAl)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaAl)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Al, main="Aluminio(Al)",
        col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=1600, "p>0.05")
text(x= 1 ,      )
text(x =2 ,      )
text(x= 3 , y=2030, "b")
text(x= 4 , y=1800, "b")
text(x= 5 , y=2050, "a")
text(x= 6 , y=1830, "a")

intervals = TukeyHSD(anovaAl)
intervals
plot(intervals)
plot(fm$residuals)
qqnorm(fm$residuals)
qqline(fm$residuals)
hist(fm$residuals)
#####
```

```

As<-read.csv("As.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = As)
anovaAs<-aov(Concentracion~Lugar, data = As)
summary(anovaAs)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaAs)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = As, main="Arsenico(As)",
        col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=4.5, "p>0.05")
text(x= 1      )
text(x= 2      )
text(x= 3 , y=9.5, "b")
text(x= 4 , y=8, "b")
text(x= 5 , y=9.6, "a")
text(x= 6 , y=8.5, "a")

#####

Ba<-read.csv("Ba.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Ba)
anovaBa<-aov(Concentracion~Lugar, data = Ba)
summary(anovaBa)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaBa)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Ba, main="Bario(Ba)",

```

```

col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=20, "p>0.05")
text(x= 1      )
text(x= 2      )
text(x= 3 , y=48, "a")
text(x= 4 , y=55.9, "a")
text(x= 5 , y=48, "a")
text(x= 6 , y=56, "b")
text(x= 1 , y=20, "p>0.05")
#####

Ca<-read.table("Ca.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Ca)
anovaCa<-aov(Concentracion~Lugar, data = Ca)
summary(anovaCa)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaCa)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Ca, main="Calcio(Ca)",
        col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=4500, "p>0.05")
text(x= 1      )
text(x= 2      )
text(x= 3 , y=6230, "a")
text(x= 4 , y=6408, "c")
text(x= 5 , y=5670, "b")
text(x= 6 , y=6370, "b")
text(x= 1 , y=4500, "p>0.05")
#####

```

```

Cd<-read.table("Cd.csv", header = TRUE, sep = ";")

#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Cd)
anovaCd<-aov(Concentracion~Lugar, data = Cd)
summary(anovaCd)

# TUKEY
TukeyHSD(anovaCd)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Cd, main="Cadmio(Cd)",
        col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=1.2, "p>0.05")

text(x= 1 , y=0      )
text(x= 2 , y=0      )8
text(x= 3 , y=6.3, "a")
text(x= 4 , y=1.9, "b")
text(x= 5 , y=5.8, "a")
text(x= 6 , y=1.4, "b")
text(x= 1 , y=1.2, "p>0.05")
#####

Co<-read.table("Co.csv", header = TRUE, sep = ";")

#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Co)
anovaCo<-aov(Concentracion~Lugar, data = Co)
summary(anovaCo)

# TUKEY
TukeyHSD(anovaCo)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Co, main="Cobalto(Co)",
        col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))

```

```

text(x= 1 , y=2, "p>0.05")
text(x= 1 , y=0      )
text(x= 2 , y=0      )
text(x= 3 , y=1.99, "a")
text(x= 4 , y=1.9, "a")
text(x= 5 , y=2, "a")
text(x= 6 , y=2, "a")
text(x= 6 , y=2.05, "Co")
text(x= 1 , y=2, "p>0.05")
#####

Cr<-read.table("Cr.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Cr)
anovaCr<-aov(Concentracion~Lugar, data = Cr)
summary(anovaCr)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaCr)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Cr, main="Cromo(Cr)",
        col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=4.9, "p>0.05")

text(x= 1 , y=0      )
text(x= 2 , y=0      )
text(x= 3 , y=5.7, "a")
text(x= 4 , y=3.5, "b")
text(x= 5 , y=5.2, "a")
text(x= 6 , y=3.4, "b")
text(x= 6 , y=5.6, "Cr")

```

```

text(x= 1 , y=1.9, "p>0.05")
#####

Cu<-read.table("Cu.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Cu)
anovaCu<-aov(Concentracion~Lugar, data = Cu)
summary(anovaCu)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaCu)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Cu, main="Cobre(Cu)",
        col=c("black","black","red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=10.4, "p>0.05")
text(x= 1 , y=0.0   )
text(x= 2 , y=0.0   )
text(x= 3 , y=43, "a")
text(x= 4 , y=28, "b")
text(x= 5 , y=38, "a")
text(x= 6 , y=29, "b")
text(x= 6 , y=40, "Cu")
text(x= 1 , y=10.4, "p>0.05")
#####

Fe<-read.table("Fe.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Fe)
anovaFe<-aov(Concentracion~Lugar, data = Fe)
summary(anovaFe)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaFe)

```



```

boxplot(Concentracion~Lugar, data = Fe, main="Hierro (Fe)",
        col=c("red", "yellow", "red", "yellow"))
text(x= 1 , y=2300, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3030, "")
text(x= 2 , y=2800, "")
text(x= 3 , y=2430, "a")
text(x= 4 , y=1800, "b")
text(x= 5 , y=2500, "a")
text(x= 6 , y=1800, "b")
text(x= 6 , y=2500, "Fe")

```

```
#####
```

```

K<-read.table("K.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = K)
anovaK<-aov(Concentracion~Lugar, data = K)
summary(anovaK)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaK)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = K, main="Potasio(K)",
        col=c("black", "black", "red", "yellow", "red", "yellow"))
text(x= 1 , y=2000, "p>0.05")
text(x= 1      )
text(x= 2      )
text(x= 3 , y=3030, "a")
text(x= 4 , y=3100, "b")
text(x= 5 , y=2630, "a")

```

```

text(x= 6 , y=2970, "a")
text(x= 6 , y=4030, "K")

#####

Mg<-read.table("Mg.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Mg)
anovaMg<-aov(Concentracion~Lugar, data = Mg)
summary(anovaMg)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaMg)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Mg, main="Magnesio (Mg)",
        col=c("red", "yellow", "red", "yellow"))
text(x= 1 , y=1200, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3030, "")
text(x= 2 , y=3030, "")
text(x= 3 , y=1770, "a")
text(x= 4 , y=1800, "b")
text(x= 5 , y=1800, "a")
text(x= 6 , y=1900, "a")
text(x= 6 , y=1930, "Mg")

#####

Mn<-read.table("Mn.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Mn)
anovaMn<-aov(Concentracion~Lugar, data = Mn)

```

```

summary(anovaMn)

# TUKEY

TukeyHSD(anovaMn)

boxplot(Concentracion~Lugar, data = Mn, main="Manganeso (Mn)",
        col=c("red", "yellow", "red", "yellow"))

text(x= 1 , y=200, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3030, "")
text(x= 2 , y=2800, "")
text(x= 3 , y=200, "a")
text(x= 4 , y=150, "b")
text(x= 5 , y=180, "a")
text(x= 6 , y=130, "b")
text(x= 6 , y=200, "Mn")

#####

Ni<-read.table("Ni.csv", header = TRUE, sep = ";")

#ANOVA

aov(Concentracion~Lugar, data = Ni)

anovaNi<-aov(Concentracion~Lugar, data = Ni)

summary(anovaNi)

# TUKEY

TukeyHSD(anovaNi)

boxplot(Concentracion~Lugar, data = Ni, main="Niquel (Ni)",
        col=c("red", "yellow", "red", "yellow"))

text(x= 1 , y=1.0, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3.0, "")
text(x= 2 , y=2.0, "")
text(x= 3 , y=3.3, "a")

```

```

text(x= 4 , y=2.5, "b")

text(x= 5 , y=3.3, "a")

text(x= 6 , y=2.0, "b")

#####

Pb<-read.table("Pb.csv", header = TRUE, sep = ";")

#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Pb)
anovaPb<-aov(Concentracion~Lugar, data = Pb)
summary(anovaPb)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaPb)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Pb, main="Plomo (Pb)",
        col=c("red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=40, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3030, "")
text(x= 2 , y=2800, "")
text(x= 3 , y=43, "a")
text(x= 4 , y=20, "b")
text(x= 5 , y=40, "a")
text(x= 6 , y=20, "b")
text(x= 6 , y=40, "Pb")

#####

Rb<-read.table("Rb.csv", header = TRUE, sep = ";")

#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Rb)

```

```

anovaRb<-aov(Concentracion~Lugar, data = Rb)

summary(anovaRb)

# TUKEY

TukeyHSD(anovaRb)

boxplot(Concentracion~Lugar, data = Rb, main="Rubidio (Rb)",
        col=c("red", "yellow","red", "yellow"))

text(x= 1 , y=5.7, "p>0.05")
text(x= 1 , y=7.7, "")
text(x= 2 , y=8.0, "")
text(x= 3 , y=7.8, "a")
text(x= 4 , y=8.3, "b")
text(x= 5 , y=7.4, "a")
text(x= 6 , y=7.8, "b")
text(x= 6 , y=8.3, "Rb")

#####

Sb<-read.table("Sb.csv", header = TRUE, sep = ";")

#ANOVA

aov(Concentracion~Lugar, data =Sb)

anovaSb<-aov(Concentracion~Lugar, data = Sb)

summary(anovaSb)

# TUKEY

TukeyHSD(anovaSb)

boxplot(Concentracion~Lugar, data = Sb, main="Antimonio(Sb)",
        col=c("red", "yellow","red", "yellow"))

text(x= 1 , y=1500, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3030, "")

```

```

text(x= 2 , y=2800, "")
text(x= 3 , y=3350, "a")
text(x= 4 , y=1900, "b")
text(x= 5 , y=3400, "a")
text(x= 6 , y=1900, "b")
text(x= 6 , y=3500, "Sb")

#####

V<-read.table("V.csv", header = TRUE, sep = ";")
#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = V)
anovaV<-aov(Concentracion~Lugar, data = V)
summary(anovaV)
# TUKEY
TukeyHSD(anovaV)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = V, main="Vanadio (V)",
        col=c("red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=8, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3030, "")
text(x= 2 , y=2800, "")
text(x= 3 , y=9, "a")
text(x= 4 , y=6, "b")
text(x= 5 , y=9.4, "a")
text(x= 6 , y=7, "b")
text(x= 6 , y=9.5, "V")

#####

```



```

Z<-read.table("Z.csv", header = TRUE, sep = ";")

#ANOVA
aov(Concentracion~Lugar, data = Z)
anovaZ<-aov(Concentracion~Lugar, data = Z)
summary(anovaZ)

# TUKEY
TukeyHSD(anovaZ)
boxplot(Concentracion~Lugar, data = Z, main="Zinc (Zn)",
        col=c("red", "yellow","red", "yellow"))
text(x= 1 , y=2000, "p>0.05")
text(x= 1 , y=3030, "")
text(x= 2 , y=2800, "")
text(x= 3 , y=3530, "a")
text(x= 4 , y=1000, "b")
text(x= 5 , y=3000, "a")
text(x= 6 , y=1000, "b")
text(x= 6 , y=3400, "Zn")

```

Correlación:

```

lurbano<-read.table("Lurbanoh.csv", header = TRUE, sep = ";")
library("PerformanceAnalytics")
chart.Correlation(lurbano[,2:19], histogram=TRUE, pch=19)

#####correlacion

purbano<-read.table("Purbanox.csv", header = TRUE, sep = ";")
library("PerformanceAnalytics")
chart.Correlation(purbano[,2:19], histogram=TRUE, pch=19)

```

```
#####correlacion
```

```
pindustrial<-read.table("Pindustrialx.csv", header = TRUE, sep = ";")
```

```
library("PerformanceAnalytics")
```

```
chart.Correlation(pindustrial[,2:19], histogram=TRUE, pch=19)
```

```
#####correlacion
```

```
lindustrial<-read.table("Lindustrialh.csv", header = TRUE, sep = ";")
```

```
library("PerformanceAnalytics")
```

```
chart.Correlation(lindustrial[,2:19], histogram=TRUE, pch=19)
```

```
#####correlacion
```